

Untersuchungen zu Flora und Vegetation des Zugspitzplatts

(Wettersteingebirge, Bayerische Alpen)

Rezente Vegetationsdynamik unter besonderer Berücksichtigung
klimatischer und anthropo-zoogener Prozesse



**Dissertation zur Erlangung des
naturwissenschaftlichen Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
der Fakultät für Angewandte Informatik
der Universität Augsburg**

**vorgelegt von
Diplom-Geograph
Oliver Korch
aus München**

Augsburg, Dezember 2013

Erstgutachter:

Prof. Dr. Arne Friedmann

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Karl-Friedrich Wetzel

Tag der mündlichen Prüfung:

07.02.2014

Natura semina nobis scientiae dedit, scientiam non dedit.
(Seneca)

Vorwort

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in Zusammenhang mit dem von der Arbeitsgruppe Biogeographie am Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg von 2009-2013 betriebenen Teilprojekt 3 „Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)“ (HöhenZug) als Teil des Verbundprojekts „Auswirkungen des Klimawandels in den Alpen – Erfassung mittels Höhengradienten (KLIMAGRAD)“.

Für die Anregung zu dieser Arbeit und deren Betreuung möchte ich Herrn Prof. Dr. Arne Friedmann herzlich danken. Auch für die zahlreichen Hinweise, Anregungen und interessanten wissenschaftlichen Gespräche während der letzten Jahre möchte ich mich aufrichtig bedanken.

Mein herzlicher Dank gilt ebenfalls:

Herrn Prof. Dr. Karl-Friedrich Wetzel für die Übernahme der Zweitbegutachtung dieser Arbeit.

Herrn Dr. Sven Grashey-Jansen und Herrn Dipl. -Geogr. Philipp Stojakowits für ein stets offenes Ohr, die zahlreichen Tipps und Ratschläge und den fruchtbaren Meinungsaustausch sowie die tatkräftige Unterstützung bei Geländekampagnen.

Frau Clara Seipp sowie Herrn Dipl. -Geogr. Timo Conradi für die anpackende und ausdauernde Hilfestellung bei der Geländearbeit im Hochgebirge sowie die zahlreichen, für die Geländearbeit des nächsten Tages stärkenden gemeinsamen Abendessen auf der UFS.

Frau Dipl. -Geogr. Elli Wahnsiedler für die wertvollen Tipps und Anregungen bei der Erstellung der Vegetationskarte.

Herrn Hannes Hiergeist, Herrn Dr. Till Rehm und Herrn Markus Neumann für die vortreffliche Betreuung auf der UFS.

Frau Elke Wagenhuber für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Allen Studierenden am Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg für die Unterstützung bei der Geländearbeit im Rahmen der jährlichen Geländepraktika.

Dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit für die Finanzierung des Teilprojekts „Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)“ im Rahmen des Kooperationsvorhabens "Auswirkungen des Klimawandels in den Alpen - Erfassung mittels Höhengradienten (KLIMAGRAD)“ im Klimaprogramm Bayern 2020.

Der Bayerischen Zugspitzbahn Bergbahn AG für die Unterstützung des Projekts durch Freifahrten in das Untersuchungsgebiet Zugspitzplatt.

Nicht zuletzt gilt mein unendlicher Dank meinen lieben Eltern, die mich in meinem Studium und meiner bisherigen wissenschaftlichen Laufbahn auch in schwierigen Zeiten stets unterstützt haben und mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen.

Gliederung

Vorwort	IV
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIV
Abkürzungsverzeichnis der Vegetationstabellen	XVIII
1. Einführung in die Fragestellung	1
1.1 Klimagrad und HöhenZug	1
1.2 Vegetationskundliche Untersuchungen als Grundlagenforschung	1
1.3 Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit	1
2. Zum Stand der Forschung	3
3. Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden	5
3.1 Inventarisierung der Vegetation und Erstellung einer Vegetationskarte	5
3.2 Statistische Auswertungen	8
3.3 Methodik der Vegetations-Dauerbeobachtung	8
3.4 Weitergehende standortökologische Untersuchungen	9
3.4.1 Bodenkundliche Untersuchungen	9
3.4.2 Geländeklimatologische Untersuchungen	9
3.4.3 Ermittlung anthropo-zoogener Störgrößen	10
3.5 Analyse von Vegetationsdaten anhand von Ellenberg-Zeigerwerten	11
3.6 Sonstige Methoden	11
4. Das Untersuchungsgebiet	13
4.1 Räumliche Abgrenzung	13
4.2 Der geologische Aufbau des Zugspitzplatts	13
4.3 Topographie, Relief und reliefbildende Prozesse	14
4.4 Das Klima und die Klimaentwicklung im Untersuchungsgebiet	20
4.4.1 Temperaturgradienten im Untersuchungsgebiet	26
4.5 Die Böden und die Bodenentwicklung auf dem Zugspitzplatt	28
4.6 Vegetationsgeschichte	29
4.7 Nutzung und Umgestaltung des Zugspitzgebiets durch den Menschen	32
4.8 Naturschutzrechtliche Einordnung des Zugspitzplatt und Raumordnung	35

Gliederung

5. Die Vegetation des Zugspitzplatts	36
5.1 Die Latschengebüsche der obersten subalpinen Stufe	38
5.1.1 Klasse Erico-Pinetea	39
5.1.1.1 Ordnung Erico-Pinetalia	39
5.1.1.1.1 Verband Erico-Pinion mugo	39
5.1.1.1.1.1 Assoziation Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo	39
5.1.2 Klasse Loiseleurio-Vaccinietea	40
5.1.2.1 Ordnung Rhododendro-Vaccinietalia	40
5.1.2.1.1 Verband Loiseleurio-Vaccinon	40
5.1.2.1.1.1 Assoziation Rhododendretum ferruginei	40
5.2 Die Zwergstrauchheiden der obersten subalpinen Stufe	43
5.2.1 <i>Rhododendron hirsutum-Dryas octopetala-Carex sempervirens</i> Gesellschaft	43
5.3 Die Rasen des Zugspitzplatts	44
5.3.1 Klasse Elymo-Seslerietea	45
5.3.1.1 Ordnung Seslerietalia albicantis	45
5.3.1.1.1 Verband Seslerion albicantis	45
5.3.1.1.1.1 Assoziation Seslerio-Caricetum sempervirentis	45
5.3.1.1.2 Verband Caricion firmae	49
5.3.1.1.2.1 Assoziation Caricetum firmae	49
5.3.2 Klasse Calluno-Ulicetea	64
5.3.2.1 Ordnung Nardetalia	64
5.3.2.1.1 Verband Nardion	64
5.3.2.1.1.1 Assoziation Geo montani-Nardetum strictae	64
5.3.3 Klasse Polygono arenastri-Poetaea annuae	69
5.3.3.1 Ordnung Polygono arenastri-Poetalia annuae	69
5.3.3.1.1 Verband Alchemillo-Poion supinae	69
5.3.3.1.1.1 Assoziation Alchemillo-Poetum supinae	69
5.4. <i>Viola biflora</i> -Gesellschaften	72
5.5 Die Schutt-, Schneetälchen- und Felsspaltengesellschaften des Zugspitzplatts	74
5.5.1 Klasse Thlaspietea rotundifolii	74
5.5.1.1 Ordnung Arabidetalia caeruleae	74
5.5.1.1.1 Verband Arabidion caeruleae	74
5.5.1.1.1.1 Assoziation Salicetum retuso-reticulatae	74
5.5.1.1.1.2 Assoziation Arabidetum caeruleae	77

Gliederung	
5.5.1.2 Ordnung Thlaspietalia rotundifolii	82
5.5.1.2.1 Verband Thlaspion rotundifolii	82
5.5.1.2.1.1 Assoziation Thlaspietum rotundifolii	82
5.5.1.2.1.2 Assoziation Leontodontetum montani	87
5.5.2 Klasse Betulo-Adenostyletea	90
5.5.2.1 Ordnung Adenostyletalia	90
5.5.2.1.1 Verband Adenostylion alliariae	90
5.5.2.1.1.1 Assoziation Cicerbitetum alpinae	90
5.6 Vegetationslose Flächen auf dem Zugspitzplatt	91
5.7 Zusätzlich erfasste Arten	93
5.8 Kryptogamen	95
6. Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation	97
6.1 Das Monitoring der Flächen des Seslerio-Caricetum sempervirentis	97
6.2 Das Monitoring der Flächen des Caricetum firmae	100
6.3 Das Monitoring der Flächen des Geo montani-Nardetum strictae	111
6.4 Das Monitoring der Flächen des Alchemillo-Poetum supinae	112
6.5 Das Monitoring der Flächen des Arabidetum caeruleae	114
6.6 Das Monitoring der Flächen des Thlaspietum rotundifolii	124
6.7 Das Monitoring der Flächen des Leontodontetum montani	129
6.8 Zusammenfassende Darstellung aller Dauerbeobachtungsflächen	134
7. Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt	140
7.1 Die Vegetationsdynamik beeinflussende Faktoren	140
7.1.1 Der Faktor Standort	140
7.1.2 Der Faktor Klima	141
7.1.2.1 Auswertung bisher erhobener Daten zum Geländeklima	142
7.1.3 Der Faktor Pflanzenfresser	150
7.1.4 Der Faktor Mensch	152
7.1.5 Der Faktor Zeit	153
7.2 Die aktuelle Vegetation als Spiegelbild der Standortheterogenität und der Vegetationsdynamik	154
7.3 Standortheterogenität und Vegetationsdynamik der einzelnen Zonen des Untersuchungsgebiets	159
8. Diskussion der Ergebnisse, künftige Forschung und Fazit	162
8.1 Vegetationskarte und Vegetationsaufnahme	162
8.2 Pflanzensoziologische Gliederung der Plattvegetation	164
8.3 Das bisherige Dauermonitoring	165

	VIII
Gliederung	
8.4 Künftige Forschung und Ausblick	167
8.5 Fazit	168
9. Zusammenfassung	170
Literatur- und Quellenverzeichnis	172
Artenliste mit Ellenberg-Zeigerwerten	183
Erklärung	186
Lebenslauf des Verfassers	187

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Mit Farbe markiertes und als Dauerbeobachtungsfläche zum Zeitpunkt des Fotos zweimal aufgenommenes Schneetälchen. Der Fels limitiert die Größe von Teilbereichen der Aufnahmefläche. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	7
Abb. 2: Datalogger auf dem nordöstlichen Zugspitzplatt. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	10
Abb. 3: Das Zugspitzplatt von der Gipfelstation der Eibsee-Seilbahn aus betrachtet. Zum Zeitpunkt der Aufnahme am 22.07.2009 sind die beiden Gletscherflächen noch mit Altschnee bedeckt, so dass diese größer erscheinen als in Wirklichkeit. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	13
Abb. 4: Mit dem Bagger aufgeschlossener Wettersteinkalk im Bereich des oberen Zugspitzplatts. Deutlich ist die gelblich bis bräunliche Färbung des unverwitterten Gesteins zu erkennen. Es hebt sich merklich von dem hellgrau verwitterten Umgebungsgestein ab, bei dem es sich ebenfalls um Wettersteinkalk handelt. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	14
Abb. 5: Der weitgehend apere Nördliche Schneeferner am 27.08.2010. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	15
Abb. 6: Die Endmoräne des maximalen Eisvorstoßes des damals zusammenhängenden Schneeferners am Ende der sog. „kleinen Eiszeit“. Abgebildet ist der Bereich nordöstlich der Talstation des alten Wetterwanddeck-Lifts. (Aufnahme: Arne Friedmann 2009).	16
Abb. 7: Durch Gletschereis geschliffener Fels in der Nähe des südlichen Schneeferners. (Aufnahme: Oliver Korch 2012).	17
Abb. 8: Schutthalden und -kegel am Fuße der Plattumrahmung oberhalb der Knorr-Hütte. Deutlich sind die helleren Bereiche mit verstärkter Aktivität unterhalb der Steinschlagrinnen zu sehen. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	18
Abb. 9: Schichtflächen- und Schichtkopfkarrst auf dem Zugspitzplatt. Darstellung nach HÜTTL (1999).	19
Abb. 10: Schmelzwassersee im Bereich des ehemaligen Östlichen Schneeferners am 02.08.2011. Oben rechts der gleiche Bereich eine Woche später nach dem nahezu kompletten Abfließen des Sees. (Aufnahmen: Oliver Korch & Clara Seipp 2011).	20
Abb. 11: Klimadiagramm 1983-2012 für die Messstation Zugspitze (2964 m). Darstellung nach WALTER & LIETH (1967). Datengrundlage: DWD (2013).	21
Abb. 12: Jährlicher Temperaturverlauf auf der Zugspitze seit 1983 in 10-Jahres-Zeiträumen. Datengrundlage: DWD (2013).	22
Abb. 13: Jahrestemperaturverlauf auf der Zugspitze für die Jahre 2009-2012. Datengrundlage: DWD (2013).	23

Abbildungsverzeichnis

Abb. 14: Niederschlagssummen auf der Zugspitze für die Jahre 2009-2012. Datengrundlage: DWD (2013).	23
Abb. 15: Entwicklung der Schneedecke auf dem Zugspitzplatt für die Jahre 2009-2012. Datengrundlage: DWD (2013).	24
Abb. 16: Im Rahmen der standortökologischen Untersuchungen 2012 auf dem nordöstlichen Zugspitzplatt aufgenommene Bodenprofile der alpinen Zone (2100-2300 m). (Geländeaufnahme und Abbildung: Sven Grashey-Jansen & Clara Seipp 2012).	29
Abb. 17: Tangelrendzina im Bereich der aktuellen Latschengrenze (2000 m). (Geländeaufnahme und Abbildung: Sven Grashey-Jansen & Clara Seipp 2012).	29
Abb. 18: Vergletscherung und Lage der Vegetationsstufen auf dem Zugspitzplatt. Die Rekonstruktion der Gletscherbedeckung erfolgte nach HIRTLREITER (1992).	31
Abb. 19: Die Bebauung auf dem Zugspitzplatt von der UFS aus gesehen. Von links nach rechts: die Gipfelstation des Sonnenkar-Sessellifts, die Talstationen der Schlepplifte Gletschersee (der Lift wurde 2012 abgerissen) und Schneefernerkopf, das SonnAlpin mit den Talstationen der Gletscherbahn und der Forschungsbahn zur UFS, die Kapelle Maria Heimsuchung. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	34
Abb. 20: Munitionsschrott auf dem wenig begangenen südlichen Zugspitzplatt. Die abgebildete Granate wurde später von der Polizei Garmisch-Partenkirchen geborgen. (Aufnahme: Oliver Korch 2012).	35
Abb. 21: Die unterschiedlichen Vegetationszonen auf dem Zugspitzplatt.	36
Abb. 22: Junges Exemplar von <i>Pinus mugo</i> in einem Polsterseggen-Rasen. Deutlich zu erkennen ist der durch Verbiss hervorgerufene bonsaiartige Wuchs (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	40
Abb. 23: Rhododendretum ferruginei in 2000 m auf dem südöstlichen Zugspitzplatt. Deutlich zu erkennen ist die mächtige Tangelhumus-Auflage, die das Gedeihen einer azonol-acidophilen Vegetation ermöglicht. Zudem ist das aufgrund des winterlichen Schneedrucks deutlich talwärts gerichtete Wachstum der Gesellschaft erkennbar. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).	41
Abb. 24: Rentierflechte (<i>Cladonia rangiferina</i>) im Rhododendretum ferruginei. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	42
Abb. 25: Von Vertretern der Gattung <i>Vaccinium</i> dominierter ehemaliger Latschenstandort. Deutlich erkennbar ist die mächtige Auflage aus Tangelhumus. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).	42
Abb. 26: <i>Rhododendron hirsutum</i> - <i>Dryas octopetala</i> - <i>Carex sempervirens</i> Gesellschaft nordwestlich des Gatterls. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	44
Abb. 27: Artenreicher Rasen mit aspektbestimmender <i>Scabiosa lucida</i> Ende August. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	48

Abbildungsverzeichnis

Abb. 28: Verschiedene Wuchsformen des Caricetum firmae. Im Vordergrund als dichter geschlossener Rasen, rechts oben aufgelockert auf Gesteinsschutt sowie links oben direkt auf dem anstehenden Wettersteinkalk als „Karst-Firmetum“. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	53
Abb. 29: Caricetum firmae auf Kalkschutt mit Pechrendzina als Bodentyp. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	54
Abb. 30: Die Aufnahmen des Caricetum firmae aus Tab. 9.1-3 mit zugehöriger Höhenlage und Artenanzahl. Zusätzlich vermerkt wurden W-ONO Expositionen.	55
Abb. 31: Die Aufnahmen des Caricetum firmae aus Tab. 9.1-3 mit zugehöriger Höhenlage und Deckungswerte der Krautschicht. Zusätzlich vermerkt wurden W-ONO Expositionen.	55
Abb. 32: Deutlicher, expositionsbedingter (SO-NW) Unterschied des Deckungsgrads eines Polsterseggen-Rasens auf dem mittleren Zugspitzplatt auf ca. 2200 m oberhalb des Plattsteigs. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	56
Abb. 33: Streudiagramm einer DCA der Charakter- und Differentialarten der 67 Aufnahmeflächen aus Tab. 9.1-3. Die Flächen mit W-ONO-Exposition sind rot markiert.	57
Abb. 34: Geo montani-Nardetum strictae auf gut entwickelter Braunerde auf dem unteren Zugspitzplatt. (Aufnahmen: Oliver Korch 2012 & Raphael Rehm 2013).	67
Abb. 35: Borstgras-Rasen mit unterliegender Braunerde in Karsttasche des Schichtkopfkaraktes auf dem unteren Zugspitzplatt. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).	68
Abb. 36: Alchemillo-Poetum supinae auf dem mittleren Zugspitzplatt. Kennzeichnend für die Lägerstellen ist ein starker Nährstoffeintrag auf diesen Flächen verursacht durch die Ausscheidungen der Schafe. (Aufnahmen: Oliver Korch 2009 & 2012).	71
Abb. 37: <i>Viola biflora</i> und <i>Cystopteris alpina</i> auf Blockschutt. (Aufnahme: Philipp Stojakowits 2009).	72
Abb. 38: <i>Salix retusa</i> , die namensgebende Charakterart des Salicetum retuso-reticulatae. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	76
Abb. 39: Typischer Standort des Arabidetum caeruleae (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	79
Abb. 40: Bodenprofil in einem Schneetälchen mit Merkmalen der Pseudovergleyung. (Aufnahme: Raphael Rehm 2013).	79
Abb. 41: Höhenlage und Anzahl der Kenn- und Trennarten bis einschließlich der Ordnungs-Rangstufe für das Arabidetum caeruleae auf dem Zugspitzplatt.	80
Abb. 42: Anzahl der Begleitarten in den Täschelkrauthalden des Zugspitzplatts im Verhältnis zur Höhenlage.	85
Abb. 43: Typische Ausbildung der Täschelkraut-Halde mit <i>Thlaspi rotundifolium</i> und <i>Pritzelago alpina</i> auf dem oberen Zugspitzplatt. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	86

Abbildungsverzeichnis

Abb. 44: <i>Thlaspietum rotundifolii</i> „ <i>papaveretosum sendtneri</i> “ auf jungholozäner Moräne im Bereich des nördlichen Zugspitzplatts. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	86
Abb. 45: <i>Leontodon montanus</i> . Die namensgebende Charakterart des <i>Leontodontetum montani</i> auf inaktiven Schutt des Wettersteinkalks. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	89
Abb. 46: Ausschnitt aus Aufnahme­fläche 12 mit <i>Saxifraga rotundifolia</i> , <i>Viola biflora</i> und <i>Polystichum lonchitis</i> . (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	91
Abb. 47: Berglöwenzahn-Halde auf dem nordwestlichen Zugspitzplatt. Auf den ersten Blick erscheint die Fläche weitgehend vegetationslos. Der vergrößerte Ausschnitt links unten zeigt jedoch eine gut entwickelte Schuttgesellschaft. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	92
Abb. 48: Das obere Weiße Tal, in dem 2009 teilweise Altschnee übersommerte. Aufgrund dieser nicht alljährlich stattfinden Ausaperung kann sich dort aktuell noch keine Vegetation etablieren. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).	93
Abb. 49: Die für das Zugspitzplatt erstmals nachgewiesene <i>Solidago virgaurea</i> . (Aufnahme: Oliver Korch 2013).	94
Abb. 50: Vermutlich durch Verbiss geschädigte Fichte auf dem südlichen Bergsturz­gelände in ca. 2200 m Höhe. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).	95
Abb. 51: Die Schutthalden der Platt­rumrahmung zwischen Schneefernerkopf und Wetterwand­deck Ende August 2011. In diesem Bereich konnte selbst im extrem schneearmen Sommer 2011 zu dieser Jahreszeit noch Altschnee angetroffen werden. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	121
Abb. 52: Das südliche Zugspitzplatt im März 2013. Gut zu erkennen sind die teilweise aperen Kuppen des Schichtkopfkarakts. Im Hintergrund das südliche Bergsturz­gelände. (Aufnahme: Philipp Stojakowits 2013).	142
Abb. 53: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 (BrTl_N) und 2 (BrTl_S) für den Zeitraum 01.09.2011-31.08.2012.	143
Abb. 54: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 01.09.2011-31.08.2012.	143
Abb. 55: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 und 2 für den Zeitraum Juni 2012.	144
Abb. 56: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum Juni 2012.	144
Abb. 57: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 (PlSp_ob) und 2 (PlSp_un) für den Zeitraum 23.08.2012-31.07.2013.	146
Abb. 58: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 23.08.2012-30.07.2013.	146

Abbildungsverzeichnis

Abb. 59: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012.	147
Abb. 60: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012.	147
Abb. 61: Initialer Polsterseggen-Rasen auf einer Geländekuppe des südwestlichen Untersuchungsgebiets. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	149
Abb. 62: Typische Vegetationsverteilung der Geländekuppen und –mulden auf dem südwestlichen Zugspitzplatt. Aufgrund von Strahlungsbegünstigung sowie der Ansammlung von Kaltluft in den Geländemulden kommt es in diesem Bereich oft zu einer Inversion der Vegetation. Während sich auf den Kuppen noch initiale Polsterseggen-Rasen zu halten vermögen, bestimmen Schuttgesellschaften die Hänge sowie Schneetälchen-Vegetation die Mulden.	149
Abb. 63: Gämsen und Alpenschneehühner als Vertreter der Wildtierfauna des Zugspitzplatts. (Aufnahmen: Oliver Korch 2009 & 2010).	151
Abb. 64: Weidende Schafe auf einem subnivalen <i>Leontodontetum montani</i> im Bereich des mittleren Weißen Tals. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).	152
Abb. 65: Zonen unterschiedlicher Hemerobie auf dem Zugspitzplatt. Zone 1: Dominanz der natürlichen Dynamik, mit sehr geringem anthropogenem bzw. anthropo-zoogenem Einfluss (oligohemerob). Zone 2: Flächen mit überwiegend natürlicher Dynamik, aber linienhaft bzw. punktuell in unterschiedlicher Periodizität und Intensität anthropogen bzw. anthropo-zoogen beeinflusst. Zone 3: Starke anthropogene bzw. anthropo-zoogene Störungen zusätzlich zu einer natürlichen Dynamik (meso- bis euhemerob). (KORCH & FRIEDMANN 2012, verändert).	153
Abb. 66: Diese Aufnahmefläche subnivaler Vegetation unterhalb des Schneesfernerkopfes wurde ursprünglich 2011 angelegt. Bei einem Starkregen-Ereignis im August 2012 wurden sämtliche Pflanzen der Fläche weggeschwemmt, so dass sich die Fläche danach vollkommen vegetationslos präsentierte. (Aufnahme: Oliver Korch 2012).	154
Abb. 67: Häufigkeit des Auftretens und Summe der Artmächtigkeit für 154 Arten aus 237 Vegetationsaufnahmen des Untersuchungsgebiets.	155
Abb. 68: DCA der 237 Aufnahmeflächen. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 1 und 2.	156
Abb. 69: DCA der 237 Aufnahmeflächen. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 2 und 3.	156
Abb. 70: DCA der 154 Arten. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 1 und 2.	157
Abb. 71: DCA der 154 Arten. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 2 und 3.	157
Abb. 72: Vergleich der Ellenberg-Zahlen für die gesamte Vegetationsaufnahme, das <i>Geo montani-Nardetum strictae</i> und das <i>Alchemillo-Poetum supinae</i> .	158
Abb. 73: Auftreten der jeweiligen Werte der entsprechenden Ellenberg-Zahlen für die 154 Arten der Vegetationsaufnahme.	159

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Definition der Artmächtigkeit für die Aufnahmen 2009-2012 sowie bei CREDNER (1995) und ZÖTTL (1950).	5
Tab. 2: Größe der Aufnahmeflächen für verschiedene Vegetationseinheiten des Untersuchungsgebiets.	6
Tab. 3: Mittlere Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme für die Zugspitze seit 1983 in 10-Jahres Zeiträumen. Datengrundlage: DWD (2013).	22
Tab. 4: Mittlere Monatstemperaturen [°C] für verschiedene Höhenlagen des Zugspitzplatts unter Angabe des Temperaturgradienten je 100 m. Datengrundlage: DWD (2013).	27
Tab. 5: Vergleich der errechneten Temperaturgradienten [°C] je 100 m für die Stationen Zugspitze-UFS sowie Zugspitze-Garmisch-Partenkirchen. Datengrundlage: DWD (2013).	27
Tab. 6: Vegetationsaufnahmen in den Latschengebüschen des unteren Zugspitzplatts. Aufgrund der unklaren syntaxonomischen Einordnung der Latschengebüsche (s. u.) wurden Kenn- und Trennarten nicht gesondert ausgewiesen.	38
Tab. 7: Vegetationsaufnahmen in den Zwergstrauchheiden des unteren Zugspitzplatts.	43
Tab. 8: Rasenflächen mit diagnostischer Artenkombination des Seslerio-Caricetum sempervirentis auf dem Zugspitzplatt.	46
Tab. 9.1: Aufnahmen der Polsterseggen-Rasen auf dem Zugspitzplatt I.	50
Tab. 9.2: Aufnahmen der Polsterseggen-Rasen auf dem Zugspitzplatt II.	51
Tab. 9.3: Aufnahmen der Polsterseggen-Rasen auf dem Zugspitzplatt III.	52
Tab. 10: Vergleich von aufgrund ihrer Exposition begünstigter mit benachteiligten Polsterseggen-Rasen. Bedingt durch die wesentlich größere Anzahl günstig exponierter Flächen wurden hierfür nur die im Vergleich zu den 10 ungünstig exponierten Aufnahmeflächen jeweils nächsthöheren Flächen berücksichtigt, so dass diese Stichprobe ebenfalls 10 Flächen umfasst.	57
Tab. 11: Vegetationsaufnahme aus dem oberen Brunntal. Dies ist die einzige Aufnahme, die eine voranschreitende Sukzession von den Schuttgesellschaften hin zum Caricetum firmae erkennen lässt.	61
Tab. 12: An Arten der unteren alpinen Zone bzw. Säurezeigern reiche Aufnahmen des Caricetum firmae.	62
Tab. 13: Rasen aus dem Verband des Nardion im Untersuchungsgebiet.	65
Tab. 14: Vegetationsaufnahmen der Lägerstellen des Zugspitzplatts.	70
Tab. 15: Ranglose <i>Viola biflora</i> -Gesellschaften der alpinen Zone.	73

Tabellenverzeichnis

Tab. 16: Dem <i>Salicetum retuso-reticulatae</i> zugeordnete Vegetationsaufnahme des nördlichen Zugspitzplatts.	75
Tab. 17.1: Aufnahmen des <i>Arabidetum caeruleae</i> auf dem Zugspitzplatt I.	77
Tab. 17.2: Aufnahmen des <i>Arabidetum caeruleae</i> auf dem Zugspitzplatt II.	78
Tab. 18.1: Aufnahmen des <i>Thlaspietum rotundifolii</i> I.	83
Tab. 18.2: Aufnahmen des <i>Thlaspietum rotundifolii</i> II.	84
Tab. 19: Die Berglöwenzahn-Halden des Zugspitzplatts.	85
Tab. 20: An Kennarten verarmte Aufnahme des <i>Cicerbitetum alpinae</i> .	90
Tab. 21: Erfasste, in den Einzelaufnahmen nicht verzeichnete Pflanzen-Taxa und die jeweils korrespondierende pflanzensoziologische Vegetationseinheit.	93
Tab. 22: Die Flechten und Moose des Zugspitzplatts. (Nach KILIAN 2011. Erweitert und ergänzt).	96
Tab. 23: Dauerbeobachtungsfläche 1. RW: 0651433; HW: 5251761.	98
Tab. 24: Dauerbeobachtungsfläche 2. RW: 0651365; HW: 5252019.	99
Tab. 25: Dauerbeobachtungsfläche 3. RW: 0651415; HW: 5251778.	100
Tab. 26: Dauerbeobachtungsfläche 4. RW: 0649716; HW: 5251511.	101
Tab. 27: Dauerbeobachtungsfläche 5. RW: 0649862; HW: 5251933.	102
Tab. 28: Dauerbeobachtungsfläche 6. RW: 0649857; HW: 5251849.	103
Tab. 29: Dauerbeobachtungsfläche 7. RW: 0649891; HW: 5251692.	104
Tab. 30: Dauerbeobachtungsfläche 8. RW: 0649915; HW: 5251966.	105
Tab. 31: Dauerbeobachtungsfläche 9. RW: 0650796; HW: 5252976.	106
Tab. 32: Dauerbeobachtungsfläche 10. RW: 0651436; HW: 5252035.	107
Tab. 33: Dauerbeobachtungsfläche 11. RW: 0651347; HW: 5251992.	108
Tab. 34: Dauerbeobachtungsfläche 12. RW: 0650691; HW: 5252283.	109
Tab. 35: Dauerbeobachtungsfläche 13. RW: 0650678; HW: 5252265.	110
Tab. 36: Dauerbeobachtungsfläche 14. RW: 0651464; HW: 5252024.	112

Tabellenverzeichnis

Tab. 37: Dauerbeobachtungsfläche 15. RW: 0649863; HW: 5251655.	113
Tab. 38: Dauerbeobachtungsfläche 16. RW:0650643; HW: 5253097.	114
Tab. 39: Dauerbeobachtungsfläche 17. RW: 0650641; HW: 5253060.	115
Tab. 40: Dauerbeobachtungsfläche 18. RW: 0649763; HW: 5251540.	117
Tab. 41: Dauerbeobachtungsfläche 19. RW: 0649537; HW: 5252514.	117
Tab. 42: Dauerbeobachtungsfläche 20. RW: 0650543; HW: 5253297.	118
Tab. 43: Dauerbeobachtungsfläche 21. RW: 0650538; HW: 5253283.	119
Tab. 44: Dauerbeobachtungsfläche 22. RW: 0649837; HW: 5251982.	120
Tab. 45: Dauerbeobachtungsfläche 23. RW: 0649083; HW: 5252119.	121
Tab. 46: Dauerbeobachtungsfläche 24. RW: 0649160; HW: 5252197.	122
Tab. 47: Dauerbeobachtungsfläche 25. RW: 0649349; HW: 5252271.	122
Tab. 48: Dauerbeobachtungsfläche 26. RW: 0649825; HW: 5253305.	123
Tab. 49: Dauerbeobachtungsfläche 27. RW: 0649807; HW: 5253298.	124
Tab. 50: Dauerbeobachtungsfläche 28. RW: 0650630; HW: 5253019.	125
Tab. 51: Dauerbeobachtungsfläche 29. RW: 0649872; HW: 5251736.	126
Tab. 52: Dauerbeobachtungsfläche 30. RW: 0649876; HW: 5251727.	126
Tab. 53: Dauerbeobachtungsfläche 31. RW: 0649508; HW: 5253218.	127
Tab. 54: Dauerbeobachtungsfläche 32. RW: 0649477; HW: 5253263.	128
Tab. 55: Dauerbeobachtungsfläche 33. RW: 0649849; HW: 5253165.	128
Tab. 56: Dauerbeobachtungsfläche 34. RW: 0650405; HW: 5253198.	129
Tab. 57: Dauerbeobachtungsfläche 35. RW: 0649861; HW: 5251925.	130
Tab. 58: Dauerbeobachtungsfläche 36. RW: 0650662; HW: 5253126.	131
Tab. 59: Dauerbeobachtungsfläche 37. RW: 0651116; HW: 5253314.	132
Tab. 60: Dauerbeobachtungsfläche 38. RW: 0649796; HW: 5251577.	133

Tabellenverzeichnis

Tab. 61: Zusammenfassende Darstellung wichtiger Parameter des bisherigen Dauermonitorings. Addiert wurde die jeweilige Anzahl positiver (grün), neutraler (blau) und negativer (rot) Entwicklungen.	134
Tab. 62: Gesellschaftsübergreifender Vergleich der Monitoring-Flächen. Addiert wurde die jeweilige Anzahl positiver (grün), neutraler (blau) und negativer (rot) Entwicklungen.	136
Tab. 63: Mittelwerte der einzelnen Parameter für die jeweiligen Einzeljahre sowie den Gesamtzeitraum des bisherigen Monitorings. Oberhalb der blauen Linie sind die einzelnen Gesellschaften dargestellt; unterhalb davon die Gesamtheit aller 38 Dauerbeobachtungsflächen. Für das Geo montani-Nardetum strictae und das Alchemillo-Poetum supinae sind keine gesonderten Gesamtwerte ausgewiesen, da für die Gesellschaft jeweils nur eine Dauerbeobachtungsfläche vorliegt.	138

Abkürzungsverzeichnis Vegetationstabellen

Höhe Str. = Höhe der Strauchschicht

Deck. Str. = Deckung der Strauchschicht

Höhe Kra. = Höhe der Krautschicht

Deck. Kra. = Deckung der Krautschicht

Deck. Moos = Deckung der Moosschicht

AC = Assoziationscharakterart

VC = Verbandscharakterart

OC = Ordnungscharakterart

KC = Klassencharakterart

DA = Assoziationsdifferentialart

DV = Verbandsdifferentialart

DO = Ordnungsdifferentialart

dom. = dominant

konst. = konstant

ausgew. = ausgewählte

1. Einführung in die Fragestellung

1.1 Klimagrad und HöhenZug

Die vorliegende Arbeit entstand im Kontext des Forschungsvorhabens „Auswirkungen des Klimawandels in den Alpen – Erfassung mittels Höhengradienten (KLIMAGRAD)“, an dem neben der Arbeitsgruppe Biogeographie der Universität Augsburg die Technische Universität München, die Ludwig-Maximilians-Universität München, der Botanische Garten München-Nymphenburg und das Helmholtz Zentrum München in Zusammenarbeit mit der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) beteiligt waren. Das Projekt wurde von September 2009 bis Januar 2013 vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) finanziert.

Die Arbeitsgruppe Biogeographie der Universität Augsburg war hierbei mit dem Teilprojekt 3 „Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)“ (HöhenZug) beteiligt, dessen zentrale Fragestellung die Auswirkungen abiotischer Prozesse, klimatischer Veränderungen sowie anthropo-zoogene Einflussnahmen auf die Vegetation des Zugspitzplatts umfassten. Angestrebt wurde neben einer flächendeckenden Erfassung der aktuellen Zugspitzplattvegetation die Einrichtung eines langfristigen Monitorings zur Beobachtung der Vegetationsdynamik des Zugspitzplatts.

1.2 Vegetationskundliche Untersuchungen als Grundlagenforschung

Um die in einem durch Grenzen definierten geographischen Raum ständig ablaufenden Prozesse sowie deren Interaktionen und Wechselwirkungen verstehen zu können, ist die Kenntnis der einzelnen an den Prozessen beteiligten Elemente dieses Raumes notwendig. Der Vegetation eines solchen Raumes kommt als eines dieser Elemente, welches zugleich ein Teil der Biosphäre ist, angesiedelt wiederum an der Schnittstelle von Pedosphäre, Lithosphäre und Atmosphäre, eine wichtige Rolle in diesem Prozessgefüge zu. Über die ablaufende Photosynthese und die Transpiration findet ein Gasaustausch mit der Atmosphäre statt, während Wasser und in der Atmosphäre transportierte Nährstoffe wieder über die Pedosphäre und teilweise auch der Lithosphäre von den Pflanzen aufgenommen werden.

Die Erforschung von Vegetation und ihrer Wechselwirkungen mit der Umwelt liefert somit einen wichtigen Beitrag zum Verständnis ökosystemischer Zusammenhänge verschiedener Maßstabsebenen. Hierbei erscheint gerade die Hochgebirgsvegetation mit ihrer hohen Diversität in einem gleichzeitig für Störungen hochsensiblen Lebensraum (KÖRNER 2003) besonders geeignet, um Veränderungen ihrer Dynamik aufgrund sich ändernder Einflussgrößen wie etwa dem globalen Klimawandel (IPCC 2013), aber auch dem Einfluss des Menschen und seiner Wirtschaftsweise zu untersuchen.

1.3 Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich einerseits mit dem aktuellen Aufbau und der Verteilung der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts sowie mit der Frage, mit welcher

Einführung in die Fragestellung

Geschwindigkeit und aufgrund welcher Faktoren sich dynamische Prozesse innerhalb dieser Vegetation abspielen. Um diese Fragestellung zu ergründen, soll neben dem gegenwärtigen Aufbau und Erscheinungsbild der Vegetation des Zugspitzplatts ein weiterer Schwerpunkt in Bezug auf die Frage nach dem Anteil einzelner Einflussgrößen wie etwa Standort, (Standort)Klima, zoogene bzw. anthropo-zoogene Störungen und der direkt durch den Menschen ausgeübte Druck auf die Vegetationsdynamik des Untersuchungsgebiets gesetzt werden. Ergänzend gilt die Frage sich hieraus eventuell ergebender Wechselbeziehungen wie beispielsweise die Beeinflussung der Bodenbildung durch die Vegetation und die damit wiederum ausgelösten Vegetationsveränderungen.

Nach einem Überblick über bereits geleistete Forschungsarbeiten im Kontext der Fragestellung wird zunächst eine Einführung zu verschiedenen Aspekten des Untersuchungsgebiets auf dem Zugspitzplatt gegeben. Hieran schließt sich eine Zusammenfassung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen sowie der hierbei angewandten Methodik an. Die nachfolgenden Kapitel befassen sich ausführlich mit dem aktuellen Erscheinungsbild von Flora und Vegetation dieses Raumes als Ergebnis der in den Jahren 2009-2013 durchgeführten flächendeckenden Vegetationsaufnahmen. Dabei werden die vorgestellten Pflanzengesellschaften in Kontext zu Ergebnissen anderer vegetationskundlicher Arbeiten vorwiegend zum Untersuchungsgebiet, aber auch anderer Gebiete der Alpen gesetzt. Nachfolgend werden Aufbau und bisher erzielte Ergebnisse des 2010 initiierten Dauermonitorings dargestellt und erörtert. Die in den beiden Hauptkapiteln zur aktuellen Vegetation und zum Dauermonitoring festgestellte Vegetationsdynamik wird anschließend als Produkt verschiedener Einflussfaktoren dargestellt und deren jeweiliger Anteil für die verschiedenen Zonen des Zugspitzplatts erklärt. Ebenso findet eine Analyse der großen Standortheterogenität des Untersuchungsgebiets anhand verschiedener Parameter statt. Abschließend wird eine kritische Diskussion der bisher erzielten Ergebnisse geführt und es werden Perspektiven und Möglichkeiten für die weitergehende Erforschung der Zugspitzplattvegetation und deren Dynamik aufgezeigt. Dieser Arbeit angefügt ist die „Vegetationskarte des Zugspitzplatts 1: 5.000“, die auf Grundlage der Aufnahme der aktuellen Vegetation des Untersuchungsgebiets erstellt wurde.

2. Zum Stand der Forschung

Das Zugspitzgebiet und somit auch das Zugspitzplatt wurden erstmals im Zuge kartographischer Arbeiten im Grenzgebiet zwischen Tirol und Bayern detailliert beschrieben. So erfolgte eine entsprechende Aufnahme des Gebiets durch ANICH und HUEBER um das Jahr 1762 (PATZELT 1990; müdl. Mitt. in HIRTLREITER 1992). Von dem als Erstbesteiger der Zugspitze geltenden JOSEF NAUS liegt ebenfalls ein entsprechendes Kartenblatt vor (NAUS 1826). In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfolgten dann weitere kartographische Darstellungen des Untersuchungsgebiets durch WALTENBERGER (1882; zit. in HIRTLREITER 1992) sowie FINSTERWALDER und JÄGER (1892; zit. in HIRTLREITER 1992), die eine stetig größere Detailtreue aufwiesen. Eine weitere Karte von WALTENBERGER ist schließlich in dem Wanderführer von SCHWAIGER (1901) enthalten. Noch aus dem 19. Jahrhundert stammt auch eine Beschreibung des Gebiets durch von GÜMBEL (1861).

Aus dem 20. Jahrhundert liegt eine stetig zunehmende Anzahl an Arbeiten vor, die unterschiedliche geowissenschaftliche Fragestellungen des Zugspitzgebiets betreffen. Hierzu zählen aus dem Bereich der Geologie die Arbeiten von REIS (1911) und MILLER (1962) sowie der Geomorphologie UHLIG (1954). Mit der spätglazialen und holozänen Vergletscherungsgeschichte des Untersuchungsgebiets beschäftigten sich FINSTERWALDER (1951; 1981), HIRTLREITER (1992) und HAGG et al. (2012). Eine Untersuchung zu Chemischen Verwitterungsprozessen auf dem Zugspitzplatt lieferte HÜTTL (1999). Zur Hydrologie im Zusammenhang mit dem Einzugsgebiet des Partnach-Ursprungs lieferten WETZEL (2004a; 2004b; 2005) RAPPL et al. (2010).

Im vegetationskundlichen Zusammenhang erstellte ZÖTTL (1950; 1951) erstmals Vegetationsaufnahmen auch auf dem Zugspitzplatt. POELT (1955) beschäftigte sich mit der Gipfelvegetation des Wettersteingebiets. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag bei der Kryptogamenflora der Berggipfel, aber auch Vorkommen von Gefäßpflanzen wurden beschrieben. Zur Kryptogamenflora des Untersuchungsgebiets liegt außerdem eine Untersuchung von KILIAN (2011) vor. Eine erste flächendeckende Erfassung der Plattvegetation wurde von CREDNER (1995) erstellt. RÖSLER (1997) erwähnt in ihrer Arbeit zu alpinen Rasengesellschaften der Bayerischen Alpen auch entsprechende Vorkommen auf dem Zugspitzplatt. Im Rahmen der Biotopkartierung – Alpen (ABK 2011) wurde 1999 eine Artenliste auch für Flächen des Zugspitzplatts erstellt. STÖRCHEL (2011) befasste sich schließlich mit der Krummholzstufe auf dem Zugspitzplatt und ihrer Dynamik.

Arbeiten zu Fragestellungen im Zusammenhang mit der Vegetation lieferten für die angrenzenden Gebieten des Wettersteingebirges SÖYRINKI (1954), und REHDER (1970). Die Vegetation des angrenzenden Mieminger Gebirges beschreibt WEBER (1981), die der Ammergauer Alpen EGGENSBERGER (1993). Untersuchungen aus dem Karwendelgebirge liegen von SAITNER & PFADENHAUER (1992) sowie DÜRING & WIERER (1995) vor. Aus dem erweiterten regionalen Kontext sind noch die Arbeiten von LIPPERT (1966) und KUDERNATSCH (2007) für die

Zum Stand der Forschung

Berchtesgadener Alpen, von HERTER (1990) für die Allgäuer Alpen sowie HAUPT (1985) für die Lechtaler Alpen zu nennen.

Die Erforschung von Vegetationsveränderungen im Zusammenhang vor allem mit rezenten Veränderungen des Klimas wird als relativ junge Forschungsrichtung hauptsächlich im Rahmen des GLORIA-Projekts (Global Observation Research Initiative In Alpine Environments) betrieben (PAULI et al. 1996; 2001; 2003b; 2003b; 2007; 2012 ERSCHBAMER et al. 2003; 2006; 2008; KANKA et al. 2005; KAZAKIS et al. 2006, PICKERING et al. 2008; MICHELSEN et al. 2009; GRABHERR et al. 2010). Hierbei wird mithilfe eines standardisierten Aufnahmeverfahrens ein regionaler, überregionaler und globaler Vergleich der Entwicklung der Artenzusammensetzung und Vegetationsdeckung im Bereich von Berggipfeln verschiedener Vegetationsstufen angestrebt. Außerhalb des GLORIA-Projekts liegen weitere vegetationskundliche Arbeiten zur Vegetationsdynamik im Zusammenhang klimatischer Veränderungen für den Alpenraum von KUDERNATSCH (2007) und VITTOZ et al. (2009) vor. Eine entsprechende Untersuchung aus Kalifornien führten KELLY & GOULDEN (2008) durch.

3. Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

3.1 Inventarisierung der Vegetation und Erstellung einer Vegetationskarte

Ein zentrales Ziel der in den Sommermonaten der Jahre 2009-2013 im Gelände durchgeführten Arbeiten war die flächendeckende Erfassung der Zugspitzplattvegetation und die kartographische Visualisierung der dabei gewonnenen Daten auf verschiedenen Maßstabsebenen (siehe Kapitel 5 ff.).

Die hierfür notwendigen Vegetationsaufnahmen wurden unter Verwendung der pflanzensoziologischen Methode nach BRAUN-BLANQUET (1928; 1951; 1964) erhoben. Diese Methode fand den Vorzug gegenüber anderen vegetationskundlichen Aufnahmeverfahren, da es die größtmögliche Vergleichbarkeit der erhobenen Daten mit den älteren Vegetationsaufnahmen von ZÖTTL (1950; 1951) und CREDNER (1995) ermöglicht, die ebenfalls diesen methodischen Ansatz verfolgten. Die Schätzung der Artmächtigkeit erfolgte nach der von REICHELT & WILMANN (1973) vorgeschlagenen Skala (Tab. 1), die ebenfalls bei den von CREDNER (1995) durchgeführten Vegetationsaufnahmen zur Anwendung kam (ohne den Wert „r“, so dass bei einem Vergleich dieser Wert unter „+“ zusammengefasst werden muss). Mit den Aufnahmen von ZÖTTL (1950; 1951) ist ebenfalls die weitgehende Vergleichbarkeit gegeben, wenngleich dieser Autor eine sechsstufige Skala (ohne den Wert „r“) nach BRAUN-BLANQUET (1928; 1951) verwendet (Tab. 1). Da diese beiden Skalen sich aber durch die erweiterte Definition des Wertes 2 durch REICHELT & WILMANN (1973) unterscheiden, muss bei einem Vergleich mit den Aufnahmen von ZÖTTL auch hier entsprechend zusammengefasst werden. Angaben zur Soziabilität und Vitalität (BRAUN-BLANQUET 1964; PFADENHAUER 1997) erfolgten dort ergänzend, wo mittels dieser Information eine weitergehende Differenzierung der Aufnahmen möglich wurde.

Tab. 1: Definition der Artmächtigkeit für die Aufnahmen 2009-2013 sowie bei CREDNER (1995) und ZÖTTL (1950).

Aufnahmen 2009-2013 nach REICHELT & WILMANN (1973)		CREDNER (1995) nach REICHELT & WILMANN (1973)		ZÖTTL (1950) nach BRAUN-BLANQUET (1928)	
Wert	Anz./Deckung	Wert	Anz./Deckung	Wert	Anz./Deckung
r	1 Ex. <5%				
+	2-5 Ex. <5%	+	1-5 Ex. <5%	+	<1%
1	6-50 Ex. <5%	1	6-50 Ex. <5%	1	1-5%
2m	>50 Ex. <5%	2m	>50 Ex. <5%	2	5-25%
2a	5-15%	2a	5-15%		
2b	16-25%	2b	15-25%		
3	26-50%	3	25-50%	3	25-50%
4	51-75%	4	50-75%	4	50-75%
5	76 -100%	5	75-100%	5	75-100%

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

Zusätzlich zu den Angaben zur Artmächtigkeit wurden bei allen Aufnahmen folgende Daten erfasst: Geländehöhe, Exposition, Neigung, Höhe und Deckungswerte von Strauch-, Kraut-, und Moosschicht sowie Größe und Lage der jeweiligen Aufnahmefläche.

Aufgrund der starken Standortheterogenität des Untersuchungsraums erfolgte die Auswahl der Aufnahmeflächen ausschließlich nach subjektiven Kriterien. Diese Vorgehensweise folgt den Empfehlungen zur pflanzensoziologischen Vegetationsaufnahme (BRAUN-BLANQUET 1964; DIERSCHKE 1994; PFADENHAUER 1997), indem sie sicherstellt, dass nur solche Flächen ausgewählt werden, die homogene Standortbedingungen und einen morphologisch einheitlichen Pflanzenbestand aufweisen. Dadurch wird vermieden, dass etwa zwei unmittelbar aneinander grenzende Assoziationen in einer Aufnahme erfasst und so fälschlicherweise einer dritten Pflanzengesellschaft zugeordnet werden. Letzteres wäre häufig der Fall, erfolgte die Flächenauswahl beispielsweise mittels eines über das Untersuchungsgebiet gelegten, gleichförmigen Rasters. Trotz der subjektiven Auswahl wurde schließlich auf eine (im Rahmen der reliefbedingten Möglichkeiten) möglichst gleichmäßige Verteilung der Aufnahmeflächen auf dem Zuspitzplatt geachtet.

Die Größe der erfassten Flächen variiert ebenfalls aufgrund der starken Heterogenität des Untersuchungsraums. Sie wurde jedoch so bestimmt, dass möglichst alle am Standort wachsenden Arten erfasst werden konnten und somit den Vorgaben der Pflanzensoziologie entsprechen (BRAUN-BLANQUET 1964; DIERSCHKE 1994; PFADENHAUER 1997). Wo die Größe der aufzunehmenden Fläche nicht direkt durch die naturräumlichen Gegebenheiten limitiert ist (Abb. 1) oder standörtliche Besonderheiten eine nach oben abweichende Größe erfordern, haben sich im Zuge der Geländearbeiten die in Tab. 2 zusammengefassten Flächengrößen als sinnvoll erwiesen:

Tab. 2: Größe der Aufnahmeflächen für verschiedene Vegetationseinheiten des Untersuchungsgebiets.

Vegetation	Größe der Aufnahmefläche
Subalpines Krummholz	10-25 m²
Rasen, Zwergstrauchheiden und Spalierweidengesellschaften	8-20 m²
Schneetälchen	8-20 m²
Schutthalden	10-100 m²

Alle Flächen wurden mit GPS eingemessen (der Messfehler lag hier in der Regel deutlich unter 10 m) und nachträglich in einem Orthofoto des Gebiets verzeichnet. Stellte sich hierbei die offensichtliche Fehlerhaftigkeit einer GPS-Erfassung heraus, wurde diese nachträglich berichtigt. Ab 2010 wurden die Aufnahmeflächen im Gelände zusätzlich mit wasserfester, blauer Sprühfarbe markiert, um die Begrenzung sichtbar zu machen und ein Wiederauffinden im Gelände bei späteren Begehungen zu erleichtern. Bei Dauerbeobachtungsflächen (siehe Kapitel 3; 6 ff.) wurde zusätzlich die Gesamtanzahl der

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

erfolgten Aufnahmen ebenfalls direkt im Gelände mit Farbe vermerkt (Abb. 2). Es ist zudem beabsichtigt, letztgenannte für das künftige Monitoring dauerhaft, etwa mit Magneten, zu markieren.



Abb. 1: Mit Farbe markiertes und als Dauerbeobachtungsfläche zum Zeitpunkt des Fotos zweimal aufgenommenes Schneetälchen. Der Fels limitiert die Größe von Teilbereichen der Aufnahmefläche. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).

Aufgenommen und bestimmt wurden getrennt nach Vegetationsschichten alle Gefäßpflanzen der jeweiligen Aufnahmefläche. Bei anwesenden Kryptogamen erfolgte nur die Erfassung der Höhe und des Deckungswertes aller Arten. Im Zuge der Projektarbeit wurden diese aber im Rahmen einer Gesamtartenliste der Flechten und Moose des Zugspitzplatts bestimmt (siehe Kapitel 5.8).

Die Nomenklatur der erfassten Gefäßpflanzen-Taxa folgt dabei der von WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998). Die Bestimmung wurde mithilfe der Bestimmungsbücher von ROTHMALER (2000), SCHMEIL & FITSCHEN, (2000), EGGENBERG & MÖHL (2009) und LAUBER et. al. (2012) durchgeführt. Die Benennung und Einordnung der einzelnen Pflanzengesellschaften folgt primär der Systematik von RENNWALD (2000 Bearb.). Ergänzend wurden zudem die von OBERDORFER (1992a; 1992b; 1993a; 1993b; 1998), GRABHERR & MUCINA (1993), MUCINA et al. (1993a; 1993b) und POTT (1995) erarbeiteten Systematiken herangezogen. Davon abweichende lokale Ausprägungen und Besonderheiten bei den Assoziationen des Zugspitzplatts werden in den entsprechenden Kapiteln beschrieben und erörtert.

Die Tabellenarbeit erfolgte gemäß den Vorgaben von PFADENHAUER (1997). Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Aufnahmen sind nach Assoziationen gegliedert in den Kapiteln 5 ff. dargestellt. Zusätzlich befindet sich im Anhang dieser Arbeit eine Artenliste aller im Untersuchungsgebiet erfassten Arten mit den entsprechenden Ellenberg-Zahlen (ELLENBERG et al. 2001). Die Erstellung und Verwaltung der Tabellen wurde unter Anwendung von MICROSOFT EXCEL® durchgeführt. Hierbei fanden auch jene Vegetationsaufnahmen Eingang in die Datensätze, bei denen einer oder in seltenen Fällen mehrere Angaben aus dem Kopf des Aufnahmebogens (z.B. Größe der Aufnahmefläche, Deckung der Krautschicht, Höhe der

Krautschicht etc.) fehlen. Solche Fehlwerte sind mit „k.A.“ in den Tabellen entsprechend gekennzeichnet. Es gibt keinen hinreichenden Grund, diese Aufnahmen zu vernachlässigen bzw. auszuschließen, da besonders die Information zu Artenzusammensetzung und Artmächtigkeit darin korrekt wiedergegeben wird und das Fehlen einzelner Standortparameter lediglich zu einer geringeren Datengrundlage immer nur für den jeweils betroffenen Parameter führt.

Die so erarbeitete pflanzensoziologische Gliederung des Untersuchungsgebiets (Kapitel 5) bildet die Grundlage für die dieser Arbeit beigelegten Spezialkarte zur Vegetation des Zugspitzplatts im Maßstab 1: 5.000. Die Erstellung dieser Karte erfolgte auf Grundlage georeferenzierter Orthofotos (Aufnahmedatum: 18.07.2006) des LANDESAMTES FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION BAYERN und unter Anwendung der GIS-Software ARC MAP 10® der Firma ESRI.

3.2 Statistische Auswertungen

Um die im vorangegangenen Punkt vorgestellte pflanzensoziologische Tabellenarbeit zu überprüfen, Ähnlichkeitsbeziehungen der erstellten Vegetationsaufnahmen und erfassten Arten darstellen sowie deren Anordnung entlang von Umweltgradienten aufzeigen zu können, wurde das multivariate statistische Ordinationsverfahren Detrended Correspondence Analysis (DCA) nach HILL & GAUCH (1980) angewendet, das eine Darstellung von Vegetationsaufnahmen entlang ökologischer Gradienten ohne Verzerrungen ermöglicht (LEYER & WESCHE 2007). Hierfür wurden einzelne Arten entsprechend ihrer Artmächtigkeit in den jeweiligen Einzelaufnahmen gewichtet. Die hierfür notwendigen Berechnungen erfolgten mithilfe des Programms PAST 3.0 (HAMMER et al. 2001; HAMMER 2013). Einfache statistische Aufgaben wie etwa die Berechnung von gewichteten Mitteln um die Ellenberg-Zahlen der Gesamtvegetation zu ermitteln sowie entsprechende, mit Mitteln der deskriptiven Statistik beschriebene Tabellen wurden wiederum mit MICROSOFT EXCEL® berechnet bzw. erstellt.

3.3 Methodik der Vegetations-Dauerbeobachtung

Das 2011 begonnene Langzeitmonitoring erfolgt auf Grundlage von hierfür auf dem Zugspitzplatt markierten Dauerbeobachtungsflächen (DIERSCHKE 1994; FISCHER & KLOTZ 1999). Ihre Zahl wurde auf aktuell 38 (siehe Kapitel 6 ff.) beschränkt, damit künftige Wiederaufnahmen in einem zeitlich durchführbaren Rahmen während der kurzen Vegetationsperiode erfolgen können. Gleichzeitig wurden die Flächen so gewählt, dass durch das Monitoring ein möglichst repräsentativer Querschnitt der unterschiedlichen Standorte und Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebiets abgedeckt wird. Besonders im Bereich der alpinen Rasengesellschaften wurden hierbei wiederum solche Flächen verstärkt in das Monitoring aufgenommen, an denen die darauf wachsende Pflanzengesellschaft nah an ihre Verbreitungsgrenze stößt (z.B. Rasen am Übergang zur subnivalen Höhenstufe). Dies geschah

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

in Erwartung dort verstärkt ablaufender und somit besser erfassbarer vegetationsdynamischer Prozesse (GRABHERR et al. 2000).

Nach Auswahl und Anlage der Flächen wurden diese bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit mindestens einmal, höchstens jedoch zweimal in den Jahren 2011-2013 erneut aufgenommen. Um vergleichbare Daten zu erhalten, wurde bei den Wiederaufnahmen ebenfalls das pflanzensoziologische Aufnahmeverfahren angewandt. Die Ergebnisse des bisherigen Monitorings und deren Interpretation werden in den Kapiteln 6 ff. näher vorgestellt.

3.4 Weitergehende standortökologische Untersuchungen

Zusätzlich zur Erfassung der Vegetation wurden jeweils an ausgewählten Standorten des Untersuchungsgebiets Daten zu den bodenkundlichen Verhältnissen und standortklimatische Parameter erfasst. Es wurde flächendeckend der Versuch unternommen, die anthropo-zoogene Beeinflussung der Plattvegetation nach ihrer räumlichen Differenzierung mit einzubeziehen.

3.4.1 Bodenkundliche Untersuchungen

Ergänzend zur Fragestellung von HöhenZug erfolgten während der Geländesaison 2010 in der subnivalen Stufe, während der Geländearbeiten der Saison 2012 (GRASHEY-JANSEN & SEIPP 2012) sowie nochmals im Sommer 2013 in der subalpinen und alpinen Stufe eine Reihe pedologischer Untersuchungen auf dem Zugspitzplatt. Hierbei wurden vor Ort diverse Feld- als auch in der nachträglichen Aufbereitung Labormethoden angewandt.

Im Gelände wurden die Aufnahme und Beschreibung von Bodenprofilen entsprechend den Vorgaben der AG BODEN (2005) durchgeführt. Während 2010 die Bodenproben aus der subnivalen Stufe noch ohne genormte Entnahmefethoden gesammelt wurden, erfolgten die Entnahmen 2012 und 2013 mithilfe eines 100 cm³ Stechzylinders. Weiter wurden 2012 mittels eines Penetrometers im Umfeld von Lägerstellen Daten zur Intensität der Bodenverdichtung dieser Bereiche erhoben.

Die entnommenen Bodenproben wurden zusätzlich laboranalytisch hinsichtlich ihrer Korngrößenzusammensetzung (DIN 19683-1; DIN 19683-2; DIN 52098; DIN 66115), des jeweiligen Anteils an organischer Substanz (DIN 19684-3), ihres pH-Werts (DIN ISO 10390) sowie des Anteils an CaCO₃ untersucht (DIN 18129; DIN ISO 10693).

Die endgültigen Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen lagen bei Beendigung dieser Arbeit noch nicht vor. Erste Zwischenergebnisse sind jedoch in Kapitel 4.5 dargestellt und in GRASHEY-JANSEN & SEIPP (2012) sowie KORCH et al. (2013) wiedergegeben.

3.4.2 Geländeklimatologische Untersuchungen

Die Erfassung von Daten zum Geländeklima an zu drei Standortpaaren zusammengefassten sechs Einzelstandorten erfolgt seit 2011 (ein Standortpaar) bzw. 2012 (zwei zusätzliche Standortpaare). Diese Standortpaare wurden so gewählt, dass mögliche lokalklimatische

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

Unterschiede zwischen dem nördlichen und dem südlichen Zugspitzplatt bzw. zwischen exponierten Geländekuppen und geschützten Mulden aufgezeichnet werden können.

Die Erhebung der Daten findet mittels Datenlogger des Typs HOBO PRO v2 der Firma ONSET statt. Ausgestattet mit einem entsprechenden Strahlungsschutz werden von diesen Geräten in frei wählbaren Intervallen die Lufttemperatur [°C] und die relative Luftfeuchtigkeit [%] aufgezeichnet. Dies ermöglicht bei einem Messintervall von beispielsweise 30 Minuten die Aufzeichnung von Messreihen beider Werte über einen Zeitraum von bis zu 1,2 Jahren. An den jeweiligen Standorten wurden die Datenlogger zunächst 2011 auf Stangen montiert (Abb. 2), die dem Schneedruck der winterlichen Schneedecke jedoch nur bedingt standhielten. Die 2012 zusätzlich in Betrieb genommenen Messstationen wurden dann direkt auf dem Boden installiert. Letzteres geschah mit der Absicht, besonders die unmittelbar an der maximal wenige Dezimeter hohen Vegetation wirkenden Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse zu erfassen.

Das Auslesen der aufgezeichneten Daten erfolgt im Gelände mittels des Programms HOBOWARE®, welches ebenfalls von der Firma ONSET vertrieben wird. Mittels dieser Software erfolgt auch die Erstauswertung der Datenreihen, ergänzend wird zudem mit MICROSOFT EXCEL® ausgewertet.

In den Kapiteln 7.1.2 f. dieser Arbeit finden eine Auswertung, Interpretation und Diskussion bisher erhobener Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten statt.



Abb. 2: Datalogger auf dem nordöstlichen Zugspitzplatt. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).

3.4.3 Ermittlung anthropo-zoogener Störgrößen

Angesichts der bereits lange andauernden, intensiven Präsenz des Menschen und den damit verbundenen Eingriffen in die ursprüngliche Landschaft des Untersuchungsgebiets (siehe Kapitel 4.7; 7.1.3 f), trägt die Erfassung und Quantifizierung der von ihm ausgehenden Störfaktoren wesentlich zum Verständnis des aktuellen Erscheinungsbildes der Vegetation bei. Auch zur Abschätzung künftiger Entwicklungen der Pflanzendecke ist das Wissen um diese Größen unverzichtbar. Dabei erscheint es sinnvoll, zu differenzieren und in einem

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

ersten Schritt die direkt durch den Menschen erfolgenden Eingriffe wie den Bau von Gebäuden und Liftanlagen, die Anlage und die Pflege von Skipisten aber auch die Trittbelastung durch den Wandertourismus zu erfassen. Als zweite Faktorengruppe werden dann die indirekt durch den Menschen bedingten Veränderungen der Vegetation im Kontext der zoogenen Beeinflussung des Platts durch weidendes Vieh erfasst.

Die Aufnahme der direkten Störgrößen erfolgte während des Untersuchungszeitraums im Gelände flächendeckend deskriptiv, über die Auswertung von Luftbildern und durch die Anfertigung von Vegetationsaufnahmen auf augenscheinlich unterschiedlich beeinflussten Flächen. Der Umfang und die Intensität der Beweidung des Platts, sowohl in der Vergangenheit als auch rezent, wurden mithilfe von Interviews mit der verantwortlichen WEIDEGENOSSENSCHAFT PARTENKIRCHEN, mittels der in Kapitel 3.4.1 vorgestellten bodenkundlichen Untersuchungsmethoden, durch Vegetationsaufnahmen auf betroffenen Flächen sowie der allgemeinen Erfassung von Weide- und Trittzeigern im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Eine Bewertung der anthro-po-zoogenen Beeinflussung des Zugspitzplatts ist in den Kapiteln 7.3.1 ff. dargestellt.

Auf Grundlage der erhobenen Daten und deren Interpretation wurde das Zugspitzplatt schließlich in Zonen unterschiedlicher Hemerobiegrade (BLUME & SUKOPP 1976) eingeteilt. Dadurch soll bei der Bewertung einzelner Flächen sowie größerer Bereiche hinsichtlich aktuell und künftig ablaufender, dynamischer Prozesse die schnellere Zuordnung zu bestimmten Störungszonen ermöglicht werden (siehe Kapitel 7.1.4).

3.5 Analyse von Vegetationsdaten anhand von Ellenberg-Zeigerwerten

Im Zusammenhang mit den in den vorangegangenen Gliederungspunkten vorgestellten standortökologischen Untersuchungen wurden dem gesamten bei der Geländearbeit vorgefundenen Artenkatalog die jeweiligen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) ergänzend unter Verwendung der Datenbank des BOTANISCHEN INFORMATIONSKNOTENS BAYERN (2013) zugeordnet (siehe Anhang). Dies erfolgte im Kontext der Bearbeitung von Fragestellungen zu Standortbedingungen, Hemerobie und Dynamik sowohl für das gesamte Untersuchungsgebiet als auch für einzelne Teilflächen. Die entsprechenden Tabellen und Diagramme wurden mit MICROSOFT EXCEL® erstellt. Das Kapitel 7.2 stellt hierbei erzielte Ergebnisse dar.

3.6 Sonstige Methoden

Thematische Karten, bei denen es primär um die Visualisierung von Sachverhalten bzw. um die Darstellung von Zonierungen im großen Maßstab geht (siehe z.B. Abb. 18 und 21), wurden für die vorliegende Arbeit mithilfe des Programms MACROMEDIA FREEHAND 10® angefertigt. Das Fehlen einer Georeferenzierung wird hier durch große graphische Gestaltungsmöglichkeiten kompensiert und erlaubt die anschauliche Darstellung verschiedener Aspekte der Ökologie des Untersuchungsgebiets.

Durchgeführte Untersuchungen und angewandte Methoden

Im Zuge der Fragestellung nach der Dynamik der Krummholzgrenze auf dem Zugspitzplatt seit dem Ende des letzten Glazials wurde eine im Boden des heute latschenfreien Gebiets geborgene Holzprobe mittels der Radiokarbon-Datierung altersbestimmt. Die Ergebnisse hierzu finden sich in Kapitel 7.3.

4. Das Untersuchungsgebiet

4.1 Räumliche Abgrenzung

Das in den mittleren Bayerischen Alpen gelegene Zugspitzplatt ist ein Teil des Wettersteingebirges. Dieses grenzt im Westen und Norden an Teile der Ammergauer Alpen und das Estergebirge, im Süden an die Mieminger Kette sowie im Osten an das Karwendelgebirge.

Das Untersuchungsgebiet, in dem die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Daten erhoben wurden, umfasst nahezu das gesamte Zugspitzplatt mit einer Fläche von 8,25 km² (Abb. 3). Das Areal wird nach Norden, Westen und Süden nahezu komplett von den Fels- und Steilwänden der Plattumrahmung umschlossen. Markante Gipfel entlang der Kammlinie sind an der Nordseite der Brunnentalkopf (2268 m) und die Innere Höllentalspitze (2741 m), welche über den westlichen Teil des Jubiläumsgrats mit der Zugspitze (2962 m) verbunden ist. Den nordwestlichen Abschluss bildet das Zugspitzzeck (2816 m), im Westen ist der Schneefernerkopf (2875 m) der höchste Punkt der Umrahmung. Schließlich setzt sich diese im Süden mit den Wetterspitzen (2746 m), dem Wetterwandeck (2698 m), den Plattspitzen (2680 m) und den Gatterlköpfen (2474 m) fort. Das Gatterl (2024 m), das die Staatsgrenze nach Nordtirol bildet, markiert schließlich das östliche Ende der natürlichen Begrenzung. Entlang der Steilstufe hin zum oberen Reintal wurde die 2000 m Höhenlinie als Begrenzung gewählt. Das entspricht weitgehend der Lage des Ökotons zwischen der subalpinen und der alpinen Höhenstufe.



Abb. 3: Das Zugspitzplatt von der Gipfelstation der Eibsee-Seilbahn aus betrachtet. Zum Zeitpunkt der Aufnahme am 22.07.2009 sind die beiden Gletscherflächen noch mit Altschnee bedeckt, so dass diese größer erscheinen als in Wirklichkeit. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

4.2 Der geologische Aufbau des Zugspitzplatts

Die gesamte Oberfläche des als tektonische und geomorphologische Mulde im Zentrum der Reintal-Synklinale (HÜTTL 1999) angelegten Zugspitzplatts wird von ladinischem Wettersteinkalk aufgebaut. ZÖTTL (1950) gibt die Gesamtmächtigkeit des sehr reinen Kalksteins (Abb. 4) mit 700 bis 1000 m an. Der CaCO₃-Gehalt wird von ihm mit 96-99% angegeben. Neuere Untersuchungen durch HÜTTL (1999) ergeben für das Zugspitzplatt einen mittleren CaCO₃-Gehalt von 95,6% und einen MgCO₃-Gehalt von 2,4%. Es können drei

Das Untersuchungsgebiet

verschiedene Faziestypen unterschieden werden (REIS 1911; MILLER 1962; HÜTTL 1999): Der obere Wettersteinkalk mit im Handstück rostiger bis rotbrauner Farbe. Dieses 100 bis 200m mächtige Gesteinspaket ist gut gebankt und weist teilweise Erzeinlagerungen (Zinkblende, Bleiglanz, Flussspat) auf. Syngedimentäre Feinbrekzien sowie Fossilien (Megalodonten und Schnecken) deuten auf eine Entstehung in flachem, bewegtem Wasser hin.

Der dolomitische mittlere Wettersteinkalk mit bräunlicher bis gelber Farbe ist sehr gut gebankt und im Bereich der Zugspitze bis zu 150m mächtig. Er ist reich an Dasycladaceen, was ebenso auf eine Entstehung in bewegtem Wasser mit geringer Tiefe hindeutet.

Der hellgraue bis hellbraungelbe untere Wettersteinkalk ist grob gebankt bis meist massig und weist fossilienführende dolomitische Lagen auf. Diese Großoolithen und Korallen sind ein Hinweis auf die Entstehung des Gesteins in einem triassischen Riff.



Abb. 4: Mit dem Bagger aufgeschlossener Wettersteinkalk im Bereich des oberen Zugspitzplatts. Deutlich ist die gelblich bis bräunliche Färbung des unverwitterten Gesteins zu erkennen. Es hebt sich merklich von dem hellgrau verwitterten Umgebungsgestein ab, bei dem es sich ebenfalls um Wettersteinkalk handelt.

(Aufnahme: Oliver Korch 2010).

An seiner Basis liegt der untere Wettersteinkalk schließlich auf den Partnach-Schichten auf. Diesen Tonmergeln kommt die Funktion eines Wasserstauers (WETZEL 2004a) zu und sie bestimmen somit maßgeblich die unterirdische Entwässerung des Untersuchungsgebiets (Siehe Kapitel 4.3).

4.3 Topographie, Relief und reliefbildende Prozesse

Oberhalb der östlichen Grenzlinie des Untersuchungsgebiets steigt das Gelände allgemein konstant nach Westen an, so dass am Fuße der westlichen Plattumrahmung Geländehöhen von etwa 2600 m im Südwesten bis knapp 2700 m im Bereich des sog. „Windlochs“, dem tiefsten Punkt der Scharte zwischen Zugspitze und Schneefernerkopf, erreicht werden.

Das Untersuchungsgebiet

Ausgehend von dem auf dem Platt zentral gelegenen Brunntal steigt das kuppige Gelände nach Norden und Süden hin an, was somit den geologisch bedingten und geomorphologisch überprägten, allgemein konkaven Charakter des von UHLIG (1954) als tertiäre Altform, bzw. in Anlehnung an LICHTENECKER (1925) auch als „Raxlandschaft“ bezeichneten Zugspitzplatts beschreibt.

Aktuell befinden sich auf dem Zugspitzplatt zwei Gletscher, der Nördliche und der Südliche Schneeferner. Die jüngsten Vermessungen der beiden Ferner im Jahr 2009 (HAGG et al. 2012) ergaben für den erstgenannten eine Fläche von 27,8 ha (Abb. 5). Der im nordwestlichen Plattbereich unterhalb von Schneefernerkopf und Zugspitzeck gelegene Nördliche Schneeferner ist somit aktuell Deutschlands größter Gletscher. Wesentlich kleiner ist der zwischen Wetterspitzen und Wetterwandeck befindliche Südliche Schneeferner, der mittlerweile in einzelne Eisflächen zerfallen ist und dessen Größe ebenfalls im Jahr 2009 mit 4,8 ha ermittelt wurde. Eigene Begehungen dieser Flächen bestärken den Eindruck, dass hier mittlerweile nicht mehr von einem Gletscher gesprochen werden kann und die Bezeichnung als einzelne Toteisflächen treffender erscheint.



Abb. 5: Der weitgehend apere Nördliche Schneeferner am 27.08.2010. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Die aktuelle Vergletscherung des Zugspitzplatts stellt nur mehr einen Bruchteil der während verschiedener Abschnitte des Quartärs aufgetretenen Eisbedeckung dar. Neben den ausgedehnten pleistozänen Kaltphasen, in denen das gesamte Zugspitzplatt wiederholt vergletschert war, waren auch im Holozän immer wieder unterschiedlich große Teile des Areals von Gletschereis bedeckt. HIRTLREITER (1992) hat diese jüngste Vereisungsgeschichte anhand von Moränenablagerungen und der Auswertung historischer Quellen für das Wettersteingebirge zu rekonstruieren und zeitlich einzuordnen versucht. Demnach sind die auf dem gesamten Plattbereich im Gelände immer wieder gut zu erkennenden Moränenwälle und die zahlreich anzutreffenden Findlinge durchweg holozänen Ursprungs bzw. werden im unteren Plattbereich auf die Grenze jüngere Dryas/ frühes Holozän datiert. Die jüngsten markanten neuzeitlichen Gletschervorstöße datiert HIRTLREITER (1992) auf das Ende des 18. und in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts und somit auf die jüngste Phase der sog. „kleinen Eiszeit“. Der letzte Höchststand wird basierend auf FINSTERWALDER (1951) und den Beobachtungen von GÜMBEL (1861) um das Jahr 1856 vermutet (Abb. 6). Seitdem ist

Das Untersuchungsgebiet

die vergletscherte Fläche stark rückläufig (HAGG et al. 2012), unterbrochen lediglich durch eine Serie von Jahren mit positiven Massenbilanzen, 1964-1968 sowie 1973-1979 (GÜNTHER 1982). Dies führte bei den beiden Schneefnern aber zu keinen nennenswerten Gletschervorstößen, sondern nur zu einer leichten Aufwölbung des Eises und einer Zunahme der verfirnten Flächen vor allem am Südlichen Schneefner (FINSTERWALDER 1981).

Der zum Zeitpunkt der neuzeitlichen Höchststände zusammenhängende Gletscher zerfiel im Laufe der Zeit in mehrere Einzelgletscher. SCHWAIGER (1901, S. 32) beschreibt den Gletscher der „*seit 40 Jahren ziemlich zurückgegangen ist*“, basierend auf der seinem Wanderführer beiliegenden Karte 1: 40.000 von WALTENBERGER (ohne Jahresangabe; aber vermutlich die Situation kurz vor der Trennung der Schneefner in den 1890er Jahren wiedergebend) noch mit einer Länge von 3 km und einer Breite von 2,5 km. Außerdem weist der Schneefner teilweise große Spalten auf. Etwa um das Jahr 1900 trennten sich der Südliche und der Nördliche Schneefner. Schließlich spaltete sich unterhalb des Zugspitzgipfels der Östliche Schneefner vom Nördlichen Schneefner ab. HIRTLREITER (1992) dokumentiert photographisch noch Reste des Östlichen Schneefners für die zweite Hälfte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts. Heute ist dieser Gletscherrest oberflächlich vollkommen verschwunden. Im Zuge einer Geländebegehung dieses Bereichs Anfang August 2011 konnte jedoch noch durch frischen Schutt konserviertes Toteis in größerem Umfang beobachtet werden.

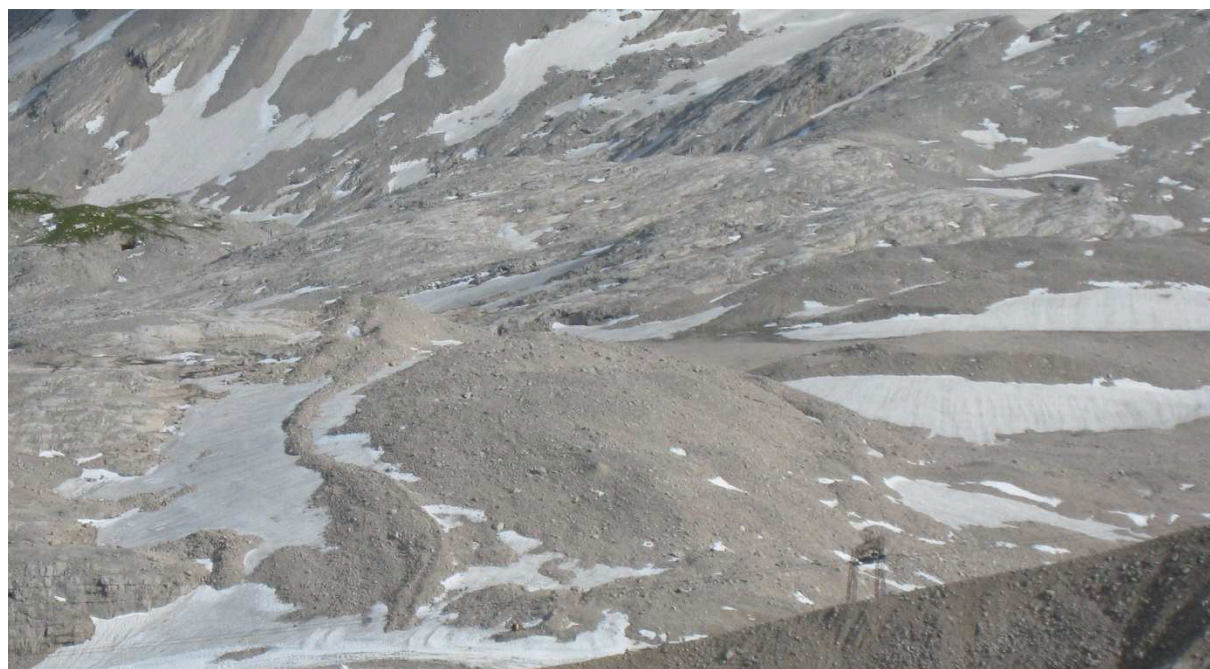


Abb. 6: Die Endmoräne des maximalen Eisvorstoßes des damals zusammenhängenden Schneefners am Ende der sog. „kleinen Eiszeit“. Abgebildet ist der Bereich nordöstlich der Talstation des alten Wetterwanddeck-Lifts. (Aufnahme: Arne Friedmann 2009).

Neben verschiedenen Moränenablagerungen (Abb. 6) bezeugen noch weitere Reliefformen die glazial geprägte Vergangenheit des untersuchten Raumes. So sind zahlreiche Gesteinskuppen durch Detersion und Detraktion als Rundhöcker ausgeformt und der

Das Untersuchungsgebiet

anstehende Fels ist besonders im oberen Plattbereich häufig vom Gletscherschliff poliert bzw. weist Kratzungen durch ehemals im Eis mitgeführtes Gestein auf (Abb. 7).



Abb. 7: Durch Gletschereis geschliffener Fels in der Nähe des südlichen Schneeferners.
(Aufnahme: Oliver Korch 2012).

Abgesehen von den relativ kleinen bis heute noch vergletscherten Flächen spielt die glaziale Morphodynamik aktuell für die Gestaltung der Oberfläche des Zugspitzplatts keine Rolle mehr. Die Frostverwitterung und die Verkarstung sind dagegen auch rezent großflächig aktiv. Beide Prozesse stellen wichtige Faktoren dar, die zur gegenwärtigen Charakteristik des Untersuchungsgebiets beigetragen haben und dieses fortwährend weiter gestalten.

Der Bereich unterhalb der Plattumrahmung wird auf dem gesamten Zugspitzplatt von ausgedehnten Schutthalden und -kegeln eingenommen. Maßgeblich an deren Entstehung beteiligt ist der für Hochgebirge typische Prozess der Frostverwitterung, bei dem es infolge der häufigen Frostwechsel zu einem Gefrieren und Wiederauftauen von Wasser in Gesteinsklüften kommt. Dies führt aufgrund der Volumenzunahme des Wassers um 9% beim Gefrieren zu einer zunehmenden Zerrüttung des anstehenden Wettersteinkalks und somit zu häufigen Steinschlagereignissen, die während der Geländearbeiten immer wieder beobachtet werden konnten. Der so entstandene Kalkschutt akkumuliert sich schließlich am Fuß der Plattumrahmung und bildet die Schutthalden und -kegel. Letztere bilden sich an jenen Stellen aus, an denen sich der Steinschlag nicht gleichmäßig auf die gesamte Wandfläche verteilt ereignet, sondern von Steinschlagrinnen, die sich aus dem geologischen Aufbau der Wandstruktur ergeben, kanalisiert wird (ZEPP 2011). Da aufgrund der fortschreitenden Abtragung der Felswände auch die Lage dieser Steilschlagrinnen nicht statisch bzw. die Intensität des Steinschlags nicht konstant ist, ergibt sich für das Zugspitzplatt ein Mosaik aus Schuttflächen unterschiedlicher Aktivität (Abb. 8). Dies hat

Das Untersuchungsgebiet

wiederum direkten Einfluss auf die diese Flächen besiedelnden Pflanzengesellschaften, wie in den Kapiteln 5.5.1 ff. dargelegt wird.



Abb. 8: Schutthalden und -kegel am Fuße der Plattumrahmung oberhalb der Knorr-Hütte. Deutlich sind die helleren Bereiche mit verstärkter Aktivität unterhalb der Steinschlagrinnen zu sehen.

(Aufnahme: Oliver Korch 2011).

Auch in den zentralen Bereichen des Zugspitzplatts sind immer wieder kleinere Flächen von Verwitterungsschutt bedeckt. Diese finden sich meist unterhalb der zahlreichen Geländekuppen und Rundhöcker der Plattoberfläche. Sie sind ebenfalls das Ergebnis von Frostverwitterung, häufig im Zusammenspiel mit dem hier stark verkarsteten Wettersteinkalk. ZÖTTL (1950) spricht in diesem Kontext von Abwitterungshalden, die an ein relativ flachgeneigtes Relief gebunden sind, das einen weiterreichenden Transport des Schutts verhindert.

Neben dem Steinschlag lassen sich auch Massenbewegungen größeren Maßstabs in Form von Fels- und Bergstürzen im Untersuchungsgebiet nachweisen. Die Tomalandschaft westlich der Plattspitzen und unterhalb der Gatterlköpfe mit teilweise hausgroßen Blöcken ist ein beeindruckendes Beispiel.

Schließlich kann infolge von sommerlichen Starkniederschlägen teilweise auch ein Transport des an den Halden akkumulierten Schutts in Form von Muren stattfinden. Die Spuren mehrerer solcher kleineren Murgänge konnten im August 2012 nach einem starken Gewitter im gesamten oberen Plattbereich beobachtet werden. Betroffen davon waren auch unmittelbar an den Gebäuden der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) gelegene Bereiche.

Das Zugspitzplatt zählt zu den Karstgebieten der Bayerischen Alpen. HÜTTL (1999, unter Verwendung der Nomenklatur nach BÖGLI 1969; NICOD 1976; SCHUNKE 1976) typisiert den hier

Das Untersuchungsgebiet

auftretenden Karst als Schichtflächen- oder Schichtkopfkarrst, welcher der Landschaft des unteren und mittleren Platts ihren treppenartigen Charakter verleiht. Dieser hat seinen Ursprung in den nach SSO bis O einfallenden Schichtflächen des Wettersteinkalks. Sowohl nördlich als auch südlich des Brunntals tritt bis in ca. 2400m Höhe ein ausgeprägter Karstformenschatz auf. Zu diesem zählen entlang der oberflächlich anstehenden Schichtflächen zahlreiche Karren in unterschiedlicher Ausprägung und Größenordnung. Unterhalb der Schichtköpfe, die glazial häufig als Rundhöcker geformt wurden, sind oft weitläufige Karstgassen ausgebildet. In diesen Bereichen kommen zudem regelmäßig teilweise mit Frostschutt verfüllte Dolinen unterschiedlicher Größe vor (Abb. 9).

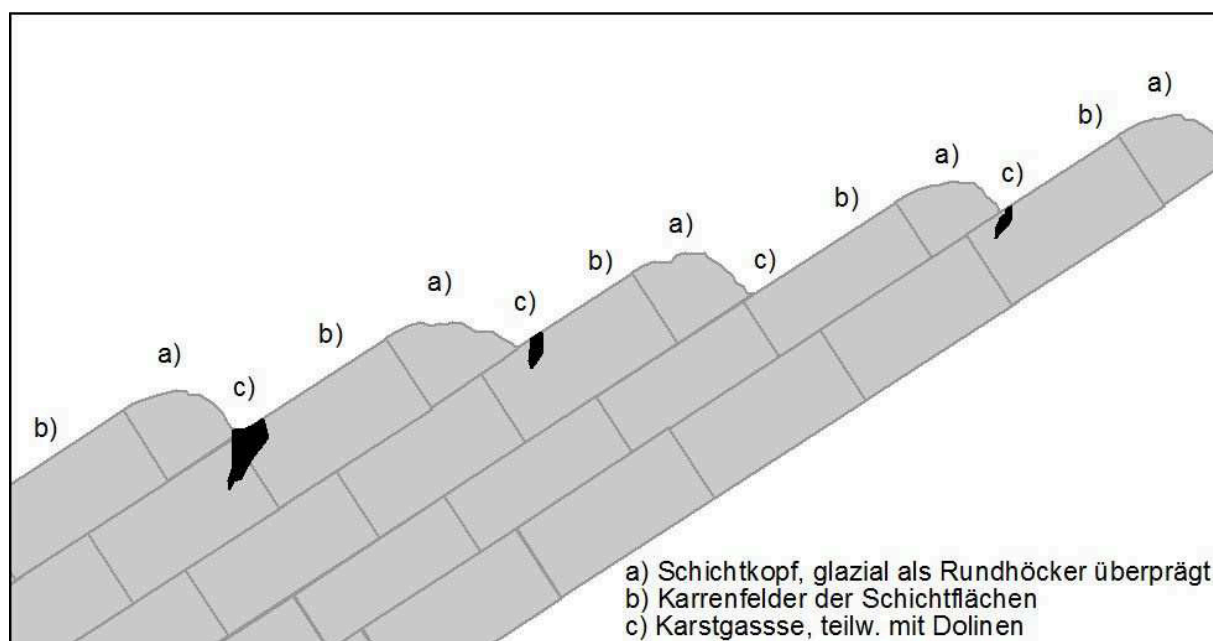


Abb. 9: Schichtflächen- und Schichtkopfkarrst auf dem Zugspitzplatt. Darstellung nach HÜTTL (1999).

Aufgrund der Verkarstung ist das Untersuchungsgebiet weitgehend frei von Oberflächengewässern. Im Bereich der beiden Schneeferner sowie an Schichtgrenzen treten über geringe Distanzen und zumeist saisonal kleine Bäche und Gerinne auf, die alsbald wieder in einem unterirdischen System von Karstklüften versickern. Somit findet nahezu die gesamte Entwässerung des Zugspitzplatts unterirdisch entlang der wasserstauenden Partnach-Schichten statt. Untersuchungen (WETZEL 2004a; 2004b; 2005; RAPPL et al. 2010) haben ergeben, dass dieser Abfluss erst am Partnach-Ursprung im Bereich einer tektonischen Verwerfung im oberen Reintal wieder zu Tage kommt.

Stehendes Wasser ist ebenfalls nur sehr kleinräumig anzutreffen. So können sich nach ergiebigen Niederschlagsereignissen auf anstehendem Gestein flache Tümpel meist geringer Fläche bilden, die jedoch rasch wieder austrocknen. Auch in mit Eis verplombten Dolinen des oberen Zugspitzplatts kann sich Schmelzwasser ansammeln und kleine Seen bilden. HIRTLREITER (1992) beschreibt in diesem Zusammenhang den ehemaligen Gletschersee, der sich bis 1989 unmittelbar an den Nördlichen Schneeferner anschloss. Der See versickerte jedoch mit dem Abtauen des Eises im Untergrund. Östlich davon konnte im Zuge der

Das Untersuchungsgebiet

Geländearbeiten 2009-2011 im Bereich des ehemaligen Östlichen Schneefernes während der Sommermonate ein weiterer See beobachtet werden, der sich 2011 schlagartig entleerte und sich 2012 nicht mehr aufgebaut hat. Es muss sich hier ebenfalls um eine bis August 2011 eisverplombte Doline handeln (Abb. 10).



Abb. 10: Schmelzwassersee im Bereich des ehemaligen Östlichen Schneefernes am 02.08.2011. Oben rechts der gleiche Bereich eine Woche später nach dem nahezu kompletten Abfließen des Sees. (Aufnahmen: Oliver Korch & Clara Seipp 2011).

Das weitgehende Fehlen von Oberflächengewässern als Folge der Verkarstung führt dazu, dass das Zugspitzplatt trotz vorherrschender sehr hoher Niederschläge als ein edaphisches Trockengebiet anzusehen ist. Dies manifestiert sich wiederum in Adaptionen der lokalen Vegetation an zumindest temporären Trockenstress (siehe Kapitel 5.5.1.2.1.1).

4.4 Das Klima und die Klimaentwicklung im Untersuchungsgebiet

Abb. 11 zeigt ein Klimadiagramm nach WALTER & LIETH (1967) für die Messstation Zugspitze für den Zeitraum 1983-2012. Dieses wurde, wie auch die weiteren Abbildungen und Tabellen dieses Kapitels, auf Grundlage der durch den DEUTSCHEN WETTERDIENST (DWD) gemessenen täglichen Mittelwerte der Lufttemperatur sowie der täglichen Niederschlagssummen berechnet. Der Datenrahmen von 30 Jahren wurde gewählt, da dieser der Dauer der Normalperiode (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION 2013) entspricht. Somit wurde mit dem Ziel einer möglichst aktuellen Darstellung der klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet auf die Darstellung der Normalperiode 1961-1990 verzichtet und der die Geländearbeiten 2009-2012 einschließende Zeitraum 1983-2012 gewählt.

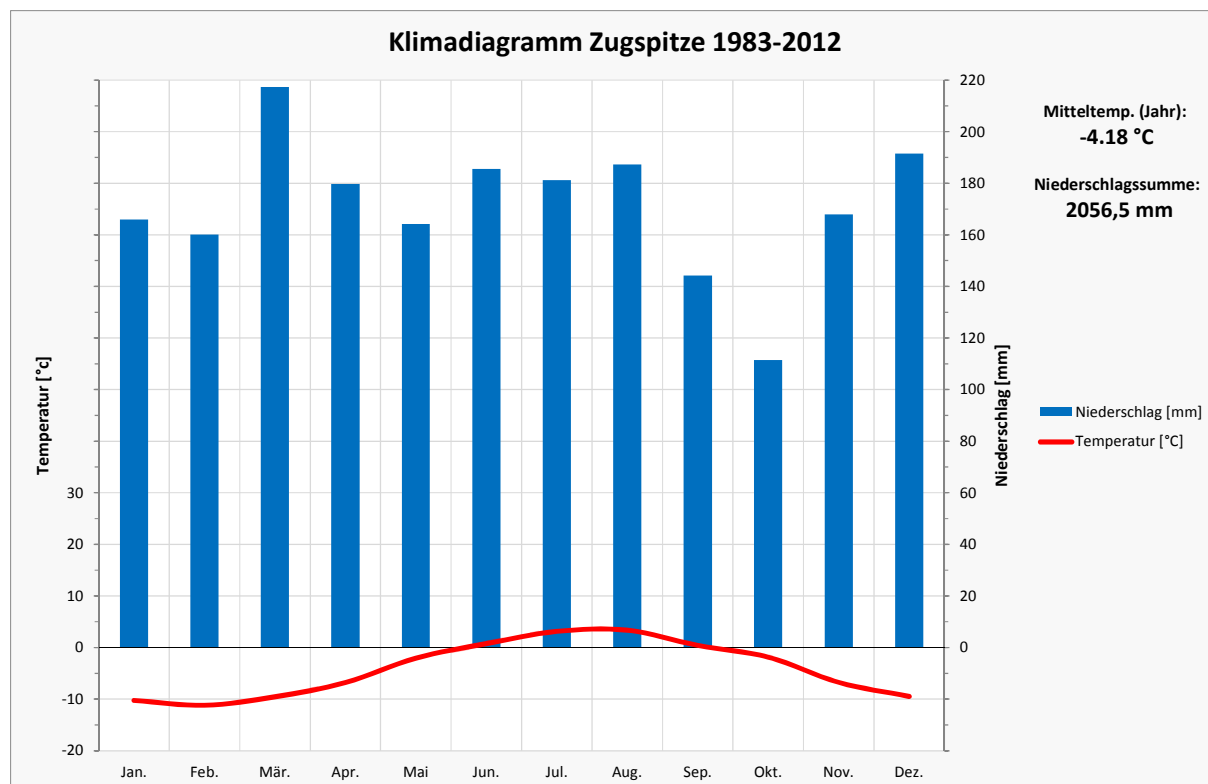


Abb. 11: Klimadiagramm 1983-2012 für die Messstation Zugspitze (2964 m). Darstellung nach WALTER & LIETH (1967). Datengrundlage: DWD (2013).

Die klimatischen Verhältnisse der Zugspitze sind als typisches Hochgebirgsklima der nördlichen Alpen zu bezeichnen. Die Jahresmittel der Temperatur liegt bei $-4,18\text{ °C}$. Positive Monatsmittel werden lediglich in den Monaten Juni bis September erreicht. Der kälteste Monat ist der Februar mit einer mittleren Durchschnittstemperatur von $-11,18\text{ °C}$. Der Niederschlag fällt ganzjährig hoch und erreicht eine Jahresmittelsumme von $2056,5\text{ mm}$. Der niederschlagsreichste Monat ist der März mit im Schnitt $217,29\text{ mm}$. Weitere Niederschlagsspitzen bringen der Dezember sowie die Sommermonate Juni-August. Am trockensten ist der Oktober mit lediglich $111,48\text{ mm}$ Anteil am Gesamtniederschlag.

Durch den Vergleich mit der Normalperiode 1961-1990 (DWD 2013), die eine Jahresdurchschnittstemperatur von $-4,8\text{ °C}$ und einen Jahresniederschlag von $2003,1\text{ mm}$ verzeichnet, ergibt sich seitdem eine Zunahme der Temperatur um den gerundeten Wert von $0,5\text{ °C}$ bei einer gleichzeitigen Zunahme des Niederschlags um $53,4\text{ mm}$. HÜTTL (1999) gibt auf Grundlage von Daten der Jahre 1963-1993 eine Durchschnittstemperatur von $-4,7\text{ °C}$ und eine Niederschlagssumme von 2005 mm an. Hieraus ergibt sich seitdem ein Temperaturanstieg von gerundet $0,4\text{ °C}$ bzw. eine Zunahme des Niederschlags um $51,5\text{ mm}$.

Betrachtet man die letzten 30 Jahre nach 10-Jahres Zeiträumen getrennt, (Abb. 12; Tab. 3), so ist auch hier ein kontinuierlicher Anstieg der mittleren Jahrestemperatur festzustellen. Besonders deutlich fällt eine Tendenz hin zu wärmeren Witterungsverläufen während der Monate April bis Juni auf. Uneinheitlich hingegen (Tab. 3) ist das Bild beim Jahresniederschlag: Während die Jahre 1993-2002 deutlich feuchter waren als die

Das Untersuchungsgebiet

vorangegangenen 10 Jahre, nahm seitdem die mittlere Niederschlagssumme wieder um 135,3 mm ab.

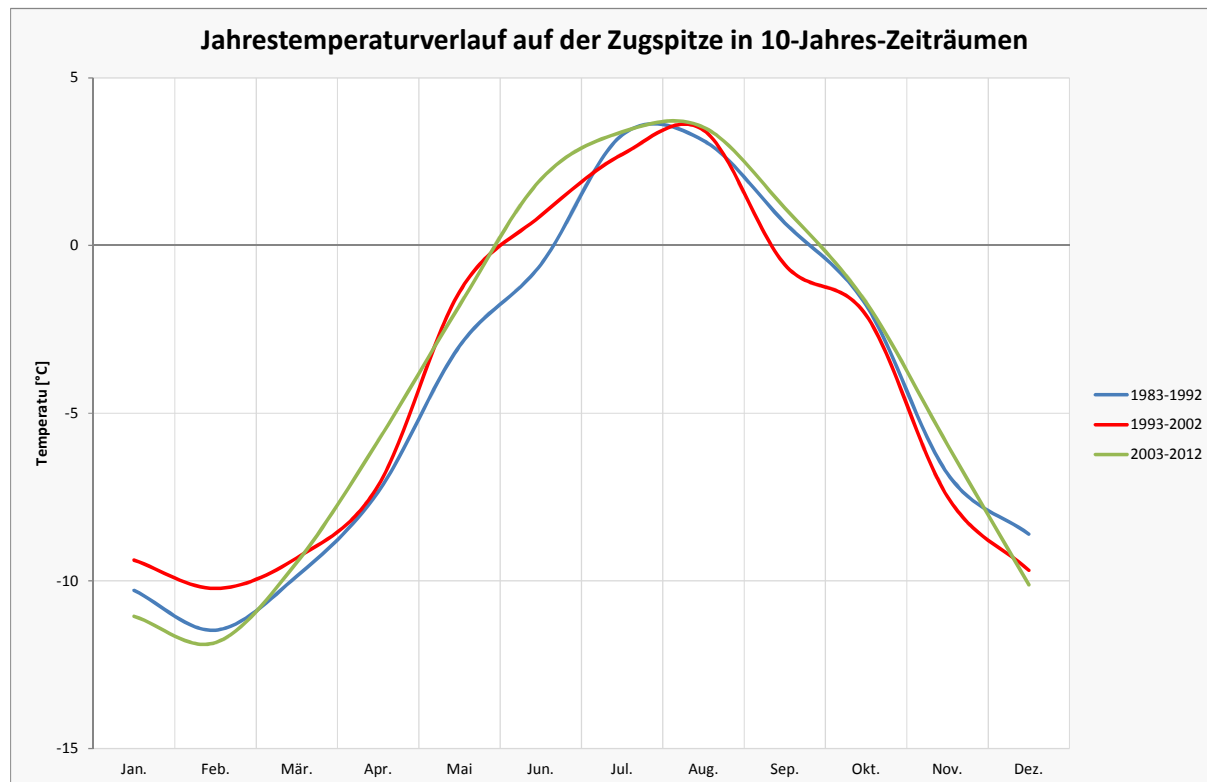


Abb. 12: Jährlicher Temperaturverlauf auf der Zugspitze seit 1983 in 10-Jahres-Zeiträumen. Datengrundlage: DWD (2013).

Tab. 3: Mittlere Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme für die Zugspitze seit 1983 in 10-Jahres-Zeiträumen. Datengrundlage: DWD (2013).

	1983-1992	1993-2002	2003-2012	1983-2012
Ø Temperatur Jahr [°C]	-4.39	-4.19	-3.98	-4.18
Summe Niederschlag Jahr [mm]	1933.40	2186.01	2050.08	2056.50

Wichtig ist schließlich die gesonderte Betrachtung des Witterungsverlaufs der Jahre 2009-2012, in denen die dieser Arbeit zugrunde liegenden Vegetationsdaten erhoben wurden. Abb. 13 zeigt hierfür den mittleren Temperaturverlauf und Abb. 14 die monatlich auf der Zugspitze verzeichneten Niederschläge, jeweils um den mittleren Wert des Zeitraums 1983-2012 ergänzt.

Die beiden Jahre 2009 und 2010 lagen mit einer mittleren Jahrestemperatur von -4,23 °C bzw. -5,31 °C leicht bzw. deutlich unter dem 30-jährigen Mittel von -4,18 °C. Die Jahre 2011 und 2012 erreichten dagegen mit -2,72 °C und -3,42 °C einen zum Teil deutlich höheren Wert. Wie bereits angeführt, fallen mit wenigen Ausnahmen (Mai/August 2010, Juli 2011) die Frühjahrs- und Sommermonate der untersuchten Jahre häufig deutlich zu warm aus. Der höchste Wert wurde im August 2012 mit einer Temperatur von 5,68 °C (2,31 °C über dem 30-jährigen Mittel) erreicht. Für 2011 und 2012 ist zudem ein ungewöhnlich warmer Herbst (September bis November) zu verzeichnen. In den Monaten Dezember-Februar lagen die Temperaturen dagegen häufig unter dem Durchschnitt. Bemerkenswert ist der Februar 2012

Das Untersuchungsgebiet

mit einer Durchschnittstemperatur von $-14,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ und somit $3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ unter dem langjährigen Mittelwert für diesen Monat. Lediglich 2011 waren während der Wintermonate die Werte nahe oder deutlich über dem 30-jährigen Mittel.

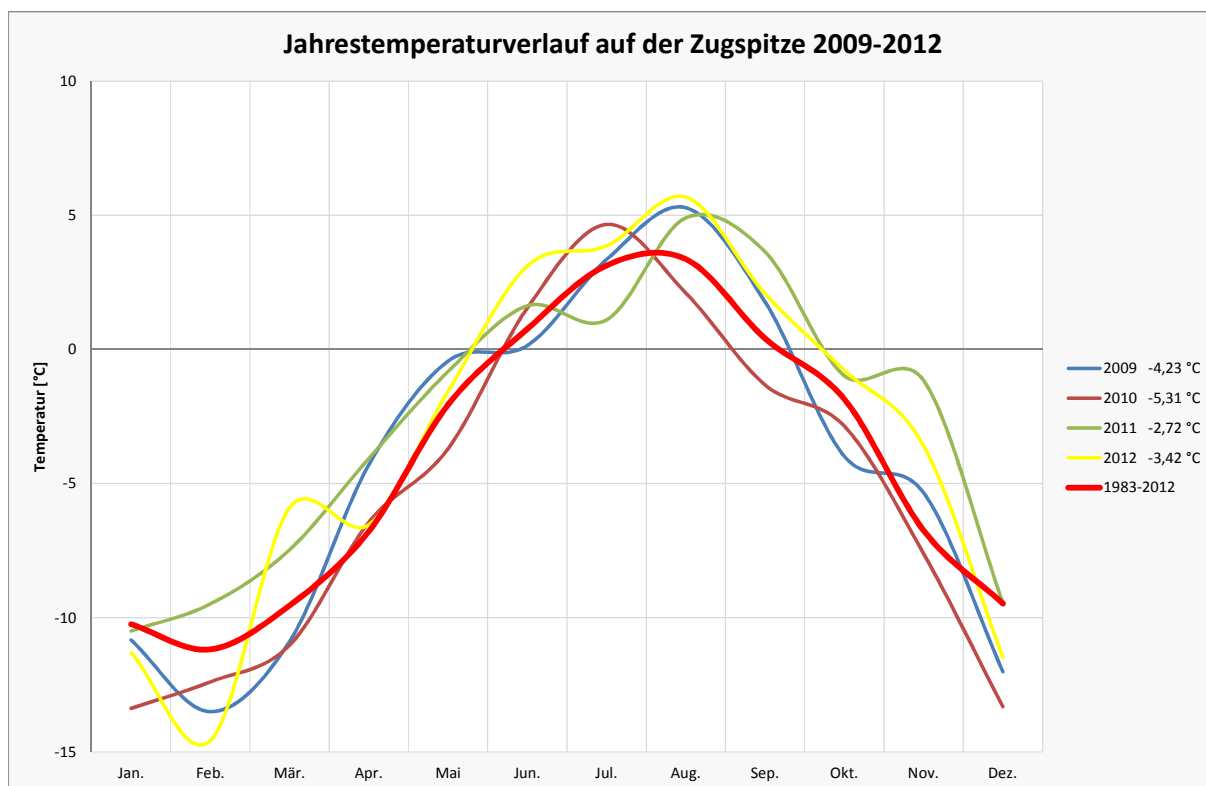


Abb. 13: Jahrestemperaturverlauf auf der Zugspitze für die Jahre 2009-2012.

Datengrundlage: DWD (2013).

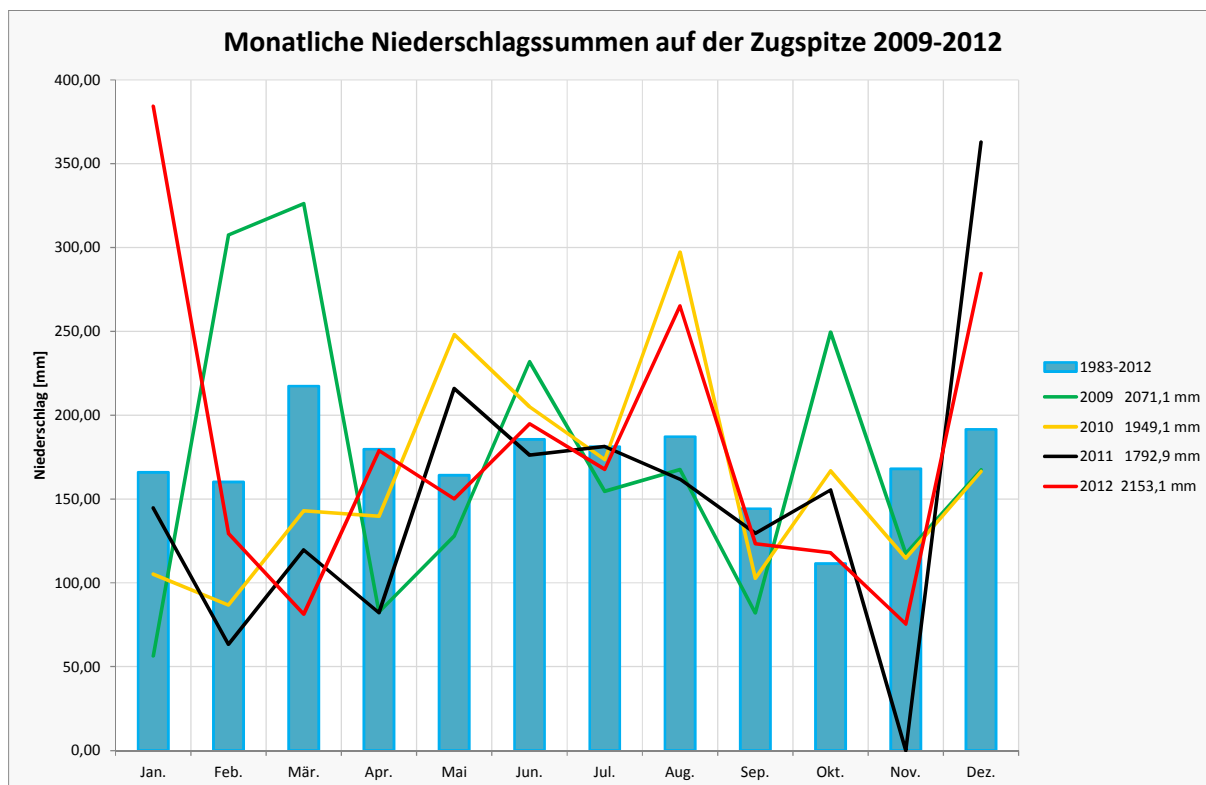


Abb. 14: Niederschlagssummen auf der Zugspitze für die Jahre 2009-2012.

Datengrundlage: DWD (2013).

Die Betrachtung der Niederschlagsverteilung der Einzeljahre 2009-2012 gegenüber der des 30-Jahres-Zeitraums verdeutlicht eine deutlich erkennbare Variabilität sowohl der einzelnen Jahre zueinander als auch gegenüber den langjährigen Mittelwerten.

Die Jahre 2010 und 2011 lagen mit Niederschlagssummen von 1949,1 mm bzw. 1792,9 mm leicht bzw. deutlich unter dem 30-jährigen Mittel von 2056,5 mm. Demgegenüber lagen die Jahre 2009 und 2012 mit 2071,1 mm und 2153,1 mm leicht über diesem Wert. Zwischen dem niederschlagsreichsten Jahr 2012 und dem niederschlagsärmsten Jahr 2011 beträgt die Differenz 360,2 mm. Einzelne Abschnitte des Untersuchungszeitraums können sowohl gegenüber dem 30-Jahres Wert als auch gegenüber dem gleichen Zeitraum anderer Jahre beträchtlich abweichen. So fielen etwa 56,4 mm Niederschlag im Januar 2009. Im Januar 2012 wurden dagegen ungewöhnliche 384,2 mm verzeichnet bei einem langjährigen Mittelwert von 196,96 mm. In jederlei Hinsicht bemerkenswert ist der November 2011, als auf der Zugspitze für den Gesamtmonat kein Niederschlag fiel, obwohl dem der errechnete Monatsdurchschnitt von 168,1 mm gegenübersteht.

Eng mit Niederschlag und Temperatur verknüpft und wie diese ein wesentlicher Faktor für das Gedeihen von Vegetation auf dem Zugspitzplatt ist die Dynamik der Schneedecke. Die Abb. 15 zeigt diesen Prozess sowohl für die projektrelevanten Jahre 2009-2012 als auch für den mittleren Jahresgang der Jahre 1983-2012.

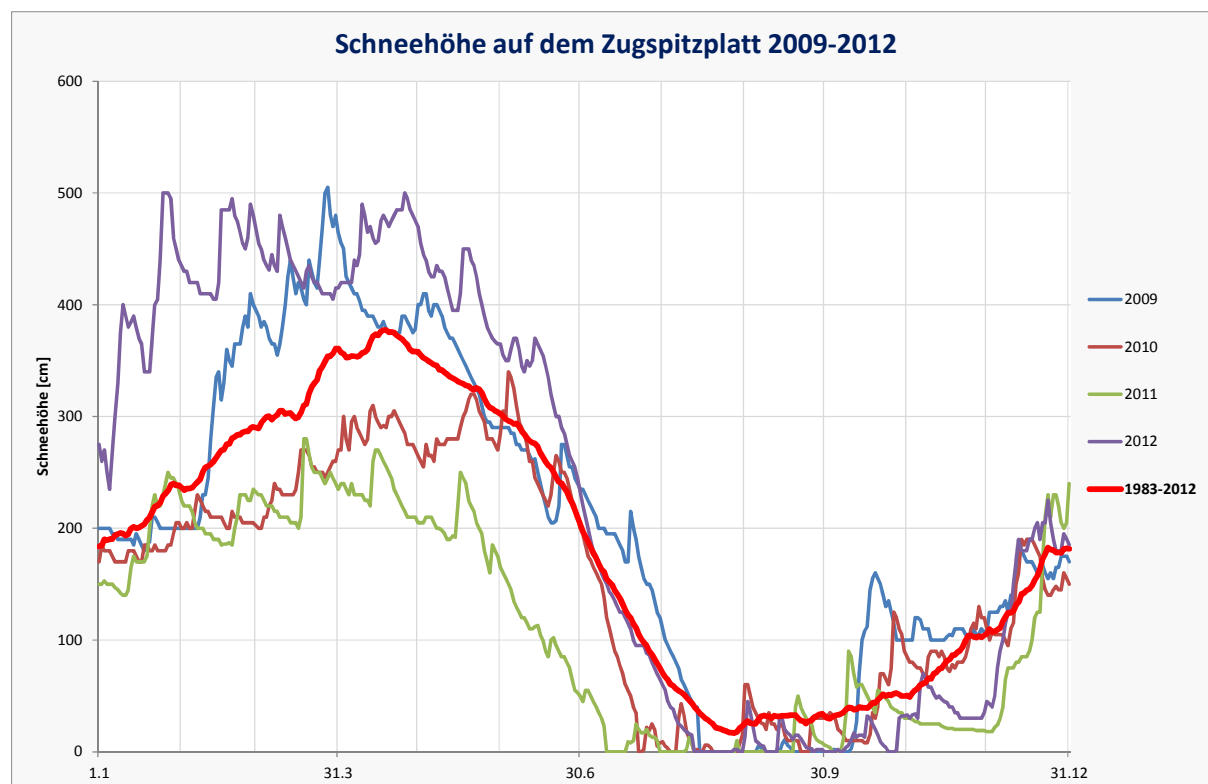


Abb. 15: Entwicklung der Schneedecke auf dem Zugspitzplatt für die Jahre 2009-2012.

Datengrundlage: DWD (2013).

Das Untersuchungsgebiet

Als Datengrundlage dienen die durch den DWD im entsprechenden Zeitraum ermittelten Tageshöhen der Schneedecke. Diese Werte werden in 2600 m Höhe auf dem Zugspitzplatt gemessen (HÜTTL 1999). Aus Gründen der Datenhomogenität wurden die in Schaltjahren am 29. Februar gemessenen Werte aus den Reihen gestrichen, da die geringere Datenbasis (8 Schaltjahre) für dieses Datum die 30-Jahres Kurve verfälschen würde.

Ausgehend von einer mittleren Schneehöhe von 183,8 cm zu Jahresbeginn erreicht diese am 18. April am Messpunkt ihre größte Mächtigkeit mit einer Höhe von 377,5 cm. Danach geht der 30-jährige Mittelwert in der zweiten Aprilhälfte und im Mai zunächst langsam zurück. Während der Monate Juni und Juli findet dann aufgrund zunehmender positiver Temperaturwerte und damit verbundener vermehrter Regenniederschläge der schnellste Abbau der Schneedecke statt. Die niedrigste mittlere Schneehöhe ist schließlich am 27. August mit 16,67 cm erreicht. Von diesem Tiefststand ausgehend lässt sich der erneute Schneedeckenaufbau im Herbst in zwei Phasen unterteilen: Im September und Oktober ist gegenüber dem sommerlichen Minimum lediglich ein moderates Anwachsen der Schneedecke auf 50,37 cm bis zum 31. Oktober zu verzeichnen. Dies ist darin begründet, dass die beiden ersten Herbstmonate die niederschlagsärmsten des Gesamtjahres sind. Gleichzeitig wirken der noch relativ hohe Sonnenstand und die ebenfalls noch relativ hohen Durchschnittstemperaturen dem Aufbau einer mächtigeren Schneedecke entgegen. Von Anfang November bis zum Jahresende nehmen dann die mittleren Niederschläge wieder deutlich zu und die Mitteltemperatur weiter ab, so dass an Sylvester in den Jahren 1983-2012 auf dem oberen Zugspitzplatt wieder eine 181,57 cm dicke Schneedecke erreicht wird. Es ist anzumerken, dass in der überwiegenden Anzahl der Jahre während der Monate August und September, teilweise auch bereits im Juli Perioden auftraten, in denen das obere Zugspitzplatt am Messstandort aper war. Dies wird im langjährigen Mittelwert durch übersommernden Altschnee vorangegangener schneereicher Winter bzw. durch die nahezu jährlich stattfindenden Schneefallereignisse während der Sommermonate, die mit der kurzfristigen Ausbildung einer Schneedecke einhergehen, überdeckt.

Gemessen an dem mittleren Schneedeckenverlauf lässt sich der Zeitraum von Jahresbeginn bis zum sommerlichen Minimum für die Jahre 2009-2012 in zwei schneereichere und zwei schneeärmere Zeiträume unterteilen. Am 27.03.2009 wurde nach einem insgesamt recht schneereichen Winter mit 505 cm Schneehöhe der höchste Wert für den dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungszeitraum erreicht. Am 1. August konnte in diesem Jahr zudem noch eine Schneehöhe von 100 cm gemessen werden. Im Mittel noch schneereicher zeigte sich die erste Hälfte des Jahres 2012. Hier wurden sowohl Ende Januar als auch nochmals Ende April 500 cm gemessen. Im darauf anschließenden Sommer folgte allerdings ein deutlich schnelleres Abschmelzen als 2009. Das erste Halbjahr 2010 blieb dagegen weitestgehend unter den langjährigen Werten und übertraf diese kurzzeitig lediglich zweimal im Juni, wobei gleichzeitig am 03.06.2010 mit 340 cm der höchste Jahreswert gemessen wurde. Das völlige Abtauen erfolgte danach überdurchschnittlich schnell bereits

Das Untersuchungsgebiet

schon zum 22. Juli. Noch geringmächtiger war die Schneedecke 2011. Der 30-Jahres Wert wurde lediglich Ende Januar zweimal geringfügig überschritten und erreichte am 18.03. einen Höchstwert von lediglich 280 cm. Bereits am 10. Juli dieses Jahres war das obere Zugspitzplatt erstmals aper.

Für das erneute Einschneien während des letzten Quartals zeichnet sich für die Einzeljahre ein sehr uneinheitliches Bild ab. 2009 setzten bereits in der zweiten Oktober-Dekade stärkere Schneefälle ein, die zur Ausbildung einer 160 cm mächtigen Schneedecke am 19. des Monats führten. Danach sank dieser Wert nicht mehr unter 100 cm und am 31. Dezember wurden schließlich 170 cm gemessen. 2010 wurden am 26. Oktober erstmals mehr als 100 cm Schneehöhe verzeichnet. Dieser Wert wurde im November allerdings nochmals länger unterschritten und zum Jahreswechsel wurde mit 150 cm der geringste Wert für dieses Datum innerhalb des Untersuchungszeitraums erreicht. 2011 brachten bereits Anfang Oktober stärkere Schneefälle eine Schneehöhe von 90 cm am 9. dieses Monats. In der darauf folgenden extremen Trockenperiode sackte die Schneedecke wieder immer mehr zusammen, so dass am 2. Dezember lediglich 18 cm gemessen wurden. Bemerkenswerterweise folgte danach ein sehr rasches Anwachsen der Schneehöhe und mit 240 cm wurde der höchste Sylvester-Wert der vier betrachteten Jahre gemessen. Spät folgte schließlich auch der Schneedeckenaufbau des Jahres 2012. Eine Schneehöhe von über 50 cm wurde erstmals am 5. November erreicht. Diese verringerte sich gegen Ende des Monats wieder auf 30 cm, um danach wie im Vorjahr wieder relativ rasch anzuwachsen. Mit einer Schneehöhe von 185 cm am 31. Dezember 2012 endet schließlich der hier untersuchte Zeitraum.

4.4.1 Temperaturgradienten im Untersuchungsgebiet

Tab. 4 gibt eine Übersicht über den jährlichen mittleren Temperaturverlauf in verschiedenen Höhenlagen auf dem Zugspitzplatt. In Anlehnung an HÜTTL (1999) wurden dabei ausgehend von den mittleren Temperaturen für den Zeitraum 1983-2012 der Messstationen Zugspitze (2964 m) und Garmisch-Partenkirchen (719 m) Temperaturgradienten je 100 m für den projektrelevanten Bereich 2000-2700 m ermittelt. Um möglichst genaue Gradienten zu erhalten, wurde nicht ein für das ganze Jahr gültiger Wert ermittelt, sondern jeweils eigene Gradienten für die Einzelmonate. Um einen Anhaltspunkt für die Plausibilität der so errechneten Werte zu erhalten, sind diese für das Jahr 2012 durch das Hinzuziehen der (nur für dieses Jahr komplett vorhandenen) Temperaturdaten einer dritten Messstation auf der UFS (2650 m) hinsichtlich der Größe der Abweichungen überprüft worden (Tab. 5). Hierbei wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Ungenauigkeit aufgrund des wesentlich geringeren Höhenunterschieds von lediglich 314 m deutlich kleiner ist.

Das Untersuchungsgebiet

Tab. 4: Mittlere Monatstemperaturen [°C] für verschiedene Höhenlagen des Zugspitzplatts unter Angabe des Temperaturgradienten je 100 m. Datengrundlage: DWD (2013).

1983-2012	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Ø Jahr
2964m	-10.24	-11.18	-9.54	-6.78	-2.06	0.76	3.13	3.37	0.41	-1.85	-6.75	-9.47	-4.18
2700m	-9.33	-9.99	-8.08	-5.14	-0.41	2.41	4.73	4.86	1.80	-0.68	-5.71	-8.55	-2.84
2600m	-8.99	-9.54	-7.53	-4.51	0.21	3.03	5.33	5.43	2.33	-0.24	-5.32	-8.20	-2.33
2500m	-8.65	-9.09	-6.97	-3.89	0.84	3.66	5.93	6.00	2.86	0.20	-4.93	-7.85	-1.82
2400m	-8.30	-8.64	-6.42	-3.27	1.46	4.28	6.53	6.56	3.38	0.64	-4.53	-7.50	-1.32
2300m	-7.96	-8.19	-5.86	-2.65	2.09	4.90	7.14	7.13	3.91	1.09	-4.14	-7.15	-0.81
2200m	-7.62	-7.74	-5.31	-2.02	2.71	5.52	7.74	7.70	4.44	1.53	-3.75	-6.80	-0.30
2100m	-7.27	-7.28	-4.75	-1.40	3.34	6.15	8.34	8.27	4.97	1.97	-3.36	-6.45	0.21
2000m	-6.93	-6.83	-4.20	-0.78	3.96	6.77	8.95	8.83	5.49	2.42	-2.96	-6.10	0.72
719m	-2.52	-1.06	2.90	7.20	11.97	14.75	16.67	16.10	12.25	8.09	2.06	-1.62	7.23
Grad. (100m)	0.34	0.45	0.55	0.62	0.62	0.62	0.60	0.57	0.53	0.44	0.39	0.35	0.51

Tab. 5: Vergleich der errechneten Temperaturgradienten [°C] je 100 m für die Stationen Zugspitze-UFS sowie Zugspitze-Garmisch-Partenkirchen. Datengrundlage: DWD (2013).

2012	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Ø Jahr
Grad. ZP-UFS	0.59	0.62	0.66	0.68	0.60	0.54	0.54	0.59	0.63	0.68	0.62	0.72	0.62
Grad. ZP-GAP	0.45	0.39	0.52	0.64	0.63	0.58	0.58	0.54	0.49	0.40	0.31	0.46	0.50
Abw.	0.15	0.23	0.15	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.15	0.28	0.31	0.26	0.13

Die sich aus Tab. 5 ergebenden Abweichungen weisen eine deutliche Zweiteilung auf. Für die Monate September bis März ist der Wert $> 0,1$ °C und weist im November mit $0,31$ °C die höchste Differenz auf. Für den Zeitraum April bis August hingegen liegt die Abweichung gegenüber dem Transekt Zugspitze-Garmisch-Partenkirchen bei lediglich $0,05$ °C oder weniger.

Die größere Abweichung während der Periode September-März hat ihren Ursprung in den Inversionswetterlagen, die im Herbst und Winter vermehrt auftreten. Untersuchungen im Zugspitzgebiet durch KIRCHNER et al. (2013) belegen dies und führen zudem an, dass während der Wintermonate die Dicke der mittleren Inversionsschicht bei entsprechenden Wetterlagen mit allgemein 500-600 m wesentlich größer ist als im Sommer mit lediglich 100-200 m. Dies hat zur Folge, dass im Herbst und Winter der ermittelte Gradient zwischen den Stationen Garmisch-Partenkirchen und Zugspitze für die Höhenlagen des Untersuchungsraums geringer als der tatsächliche Wert erscheint.

Die geringere Frequenz von Inversionslagen während des Frühjahrs und der Sommermonate hingegen führt zu dem deutlich kleineren Fehlerbereich während dieses Zeitraums. Da der Großteil der Vegetationsperiode innerhalb dieses Abschnitts liegt und auch noch der September mit $0,15$ °C eine relativ geringe Abweichung aufweist, erscheint es möglich, die in Tab. 4 angegebenen Werte zur ungefähren Abschätzung der Temperaturverteilung als limitierenden Faktor für den Pflanzenwuchs im Untersuchungsgebiet heranzuziehen. In den Kapiteln 7.1.2 f. wird im Zusammenhang mit geländeklimatologischen Untersuchungen und kleinräumiger Betrachtungen nochmals auf diesen Sachverhalt eingegangen ebenso wie auf die bei detaillierter Betrachtungsweise gegebene Notwendigkeit einer stärkeren Differenzierung, etwa nach Exposition.

4.5 Die Böden und die Bodenentwicklung auf dem Zugspitzplatt

Bodenbildung beschränkt sich auf dem Zugspitzplatt auf jene Standorte, die nicht durch nackten Fels bzw. vegetationslose Schutthalden eingenommen werden. WÜNSCHE (1997; zit. in HÜTTL 1999) gibt den Anteil dieser Felsstandorte mit 32% Anteil an der Plattoberfläche an. Die Schuttstandorte werden zusätzlich mit einem Flächenanteil von 52% angegeben, so dass diesen Zahlen folgend lediglich 16% der Fläche von Vegetation und somit von darunter liegenden Böden eingenommen werden. Es bleibt hier jedoch anzumerken, dass diese Abschätzung anhand von Karten und Luftbildern erfolgte. Da hierbei die besonders lückige Vegetation etwa der subnivalen Schutthalden schwer zu erfassen ist und auf solchen Standorten auch erste initiale Bodenbildung stattfinden kann (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2010), müssen diese Angaben als grobe Schätzwerte verstanden werden (siehe Kapitel 5.6). Wo sich Böden entwickeln konnten, sind die diese Böden hervorbringenden pedogenetischen Prozesse wiederum eng an die Geologie, das Relief und an die Höhenlage des jeweiligen Standorts gekoppelt. Bedingt durch den sehr reinen Wettersteinkalk, der großen Reliefenergie mit einem Überwiegen der physikalischen Verwitterung und des allgemein kühlen bis kalten Klimas sind ein Großteil der Bodenstandorte durch unterschiedlich weit entwickelte Rohböden gekennzeichnet. So kommen auf dem Zugspitzplatt diverse Syrosemi, Lockersyrosemi, Felshumusböden, Skeletthumusböden und Rendzinen vor. Im Bereich des unteren Zugspitzplatts finden sich zudem azonale Braunerden, deren Entstehung auf einen seit dem Spätglazial stattfindenden Eintrag von Silikatstäuben aus den Zentralalpen zurückzuführen ist (CREDNER et. al. 1998; HÜTTL 1999; KÜFMANN 2003a; 2003b; 2006; 2008; KORCH et. al. 2013).

In den subnivalen Bereichen des Untersuchungsgebiets (je nach Geländelage oberhalb etwa 2300-2500 m) kommen aufgrund der klimatischen Bedingungen und des starken Dominierens der physikalischen gegenüber den chemischen Verwitterungsprozessen hauptsächlich Syrosemi, Lockersyrosemi, Felshumusböden, Skeletthumusböden und Protozendzinen vor. Hierbei decken sich Beobachtungen aus Geländebegehungen in den Jahren 2009-2013 weitgehend mit den von HÜTTL (1999) vorgestellten und auf Kartierungen der Autorin sowie von CREDNER (1995) und WÜNSCHE (1997; zit. in HÜTTL 1999) basierenden Ergebnissen. Anders als dort wird in der vorliegenden Arbeit allerdings keine nivale Zone bzw. Höhenstufe angeführt. Stattdessen wird dieser Bereich (nach HÜTTL 1999 oberhalb von 2600 m) aufgrund vegetationsökologischer Überlegungen (siehe Kapitel 5) auf dem Zugspitzplatt noch als Teil der subnivalen Zone angesehen.

Die Bodentypen der subnivalen Zone sind auch in den alpinen und subalpinen Bereichen des Untersuchungsgebiets auf zumeist erst kürzlich festgelegtem Felsschutt mit entsprechenden initialen Sukzessionsstadien der Vegetation vertreten. Dort, wo eine länger andauernde Pedogenese stattfinden konnte, sind verschieden entwickelte Rendzinen und teilweise die bereits angesprochenen Braunerden aus allochthonen Silikateinwehungen ausgebildet (Abb. 16; HÜTTL 1999).

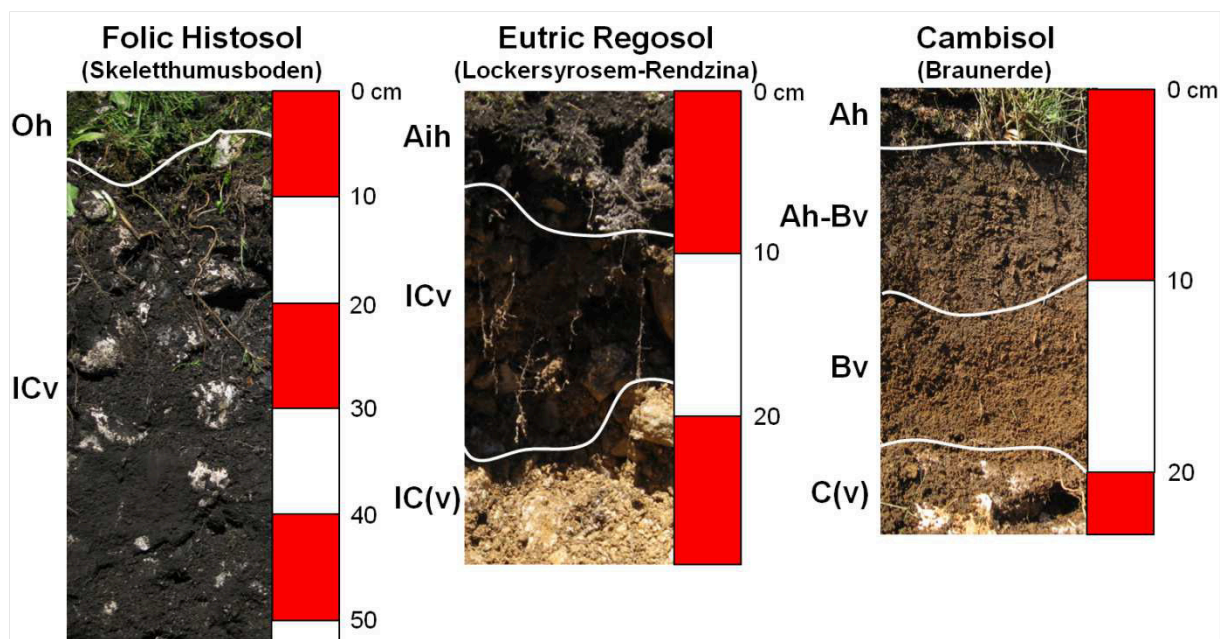


Abb. 16: Im Rahmen der standortökologischen Untersuchungen 2012 auf dem nordöstlichen Zugspitzplatt aufgenommene Bodenprofile der alpinen Zone (2100-2300 m). (Geländeaufnahme und Abbildung: Sven Grashey-Jansen & Clara Seipp 2012).

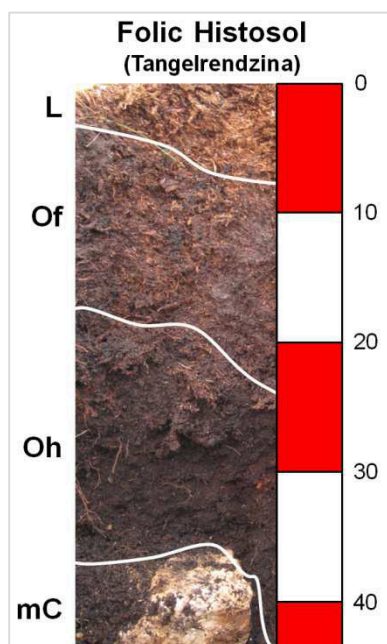


Abb. 17: Tangelrendzina im Bereich der aktuellen Latschengrenze (2000 m). (Geländeaufnahme und Abbildung: Sven Grashey-Jansen & Clara Seipp 2012).

Im Übergangsbereich hin zur subalpinen Zone sind typischerweise sowohl unter Latschengebüsch als auch an heute latschenfreien Standorten (siehe Kapitel 5.1.2.1.1.1) teils mächtige Tangelrendzinen von torfartiger Konsistenz des O-Horizonts ausgebildet (Abb. 17; STÖRCHER 2011; HÜTTL 1999).

4.6 Vegetationsgeschichte

Im älteren Spätglazial (15.000-16.000 BP) war das gesamte Zugspitzplatt vergletschert. Die Eismassen flossen als Partnach-Gletscher in das Reintal und reichten bis an die heutige Partnachklamm. Wahrscheinlich während des Kälterückfalls zu Beginn der Jüngeren Dryas

Das Untersuchungsgebiet

(10.000-11.000 BP) waren dann mit Ablagerung der Moränen des Reintalanger-Standes letztmals Teile des oberen Reintals von Gletschereis bedeckt. Die auf die Wende von der Jüngerer Dryas zum Präboreal (etwa. 10.000 BP) datierten Moränen des Brünnl-Standes im unteren und mittleren Brunntal bezeugen schließlich erstmals die dauerhafte Eisfreiheit von Teilen des Zugspitzplatts (HIRTLREITER 1992; Abb. 18).

In etwa zeitgleich dürfte auch die Besiedelung dieser nun eisfreien Bereiche durch erste höhere Pflanzen stattgefunden haben. Dabei haben mit großer Wahrscheinlichkeit jene Arten eine wichtige Rolle gespielt, die auch rezent noch in der unmittelbaren Umgebung der beiden Schneeferner zu überdauern vermögen. Zudem liegt die Vermutung nahe, dass aufgrund der wesentlich niedrigeren Schneegrenze damals noch eine echte nivale Höhenstufe im Untersuchungsgebiet existiert haben muss (siehe Kapitel 5).

Auch die weitere Entwicklung der Vegetation und damit zusammenhängend die Entwicklung der Lage und der Ausdehnung der Vegetationsstufen im Untersuchungsgebiet sind eng an die Klimageschichte geknüpft. Die von HIRTLREITER (1992) datierten holozänen Moränenstände, verbunden mit Berechnungen zur jeweiligen Depression der Schneegrenze des Zugspitzplatts ermöglichen somit Rückschlüsse auf die jeweilige Lage der einzelnen Vegetationsstufen. Zusätzlich liefern die Ergebnisse der palynologischen Untersuchung einer mit Kolluvium verfüllten Doline auf 2290 m durch GRÜGER & JERZ (2010) nicht nur Erkenntnisse zu den klimatischen Verhältnissen, sondern auch direkt zur höhenzonalen Verteilung der Plattvegetation für den Zeitraum seit der Wende vom Boreal zum Atlantikum (etwa 7800 BP). Dieses konventionelle Datum wurde der Einheitlichkeit halber nach der aktuell gültigen Warvenchronologie vom Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) berechnet. Ergänzend sei hier auch auf die vegetationsgeschichtlichen Analysen im umgebenden Werdenfelser Land durch WEBER (1999) hingewiesen.

Im Präboreal führte die sich fortsetzende Erwärmung zu einem weiteren Rückzug der Gletscher und einem Ausbreiten der Vegetation. Ein von HIRTLREITER (1992) beschriebener, im Zuge des Baus der Liftrasse des Brunntalliftes in 2319 m freigelegter moränenbedeckter Paläoboden wurde von KÜSTER (1989 schriftl. Mitt. in HIRTLREITER 1992) pollenanalytisch auf ein Alter von etwa 9.000 bis 10.000 BP bestimmt. Dieser Befund lässt auf Klimabedingungen zum Bildungszeitpunkt des Bodens schließen, die den aktuellen weitgehend entsprechen, da auch die den Paläoboden bedeckende Moräne rezente Bodenbildung aufweist und oberhalb des Standorts nur mehr sehr kleinräumig gut entwickelte Böden ausgebildet sind. Damit dürfte im Präboreal auch erstmals eine Verteilung der Vegetations-Höhenstufen vorgelegen haben, die mit der heutigen vergleichbar ist. Auch die vermutlich nicht allzu ferne Baum- bzw. Krummholzgrenze muss bereits von Kiefern gebildet worden sein, (die im Präboreal auch die Wälder tiefer gelegener Höhenstufen dominierten), wie der hohe Anteil von Pollen dieser Gattung (77%) im Boden nahelegt.

Da dieser Boden älter ist als die Moränen des Brunntal-Standes in 2120-2070 m (Datierung auf 9000 BP), muss es an der Wende vom Präboreal zum Boreal zu einer erneuten Depression der Vegetationsstufen gekommen sein. HIRTLREITER (1992) hat für den

Das Untersuchungsgebiet

Brunntalstand (Abb. 18) eine Depression der Schneegrenze um 135 m gegenüber dem Bezugsniveau von 1850 errechnet, was eine Absenkung von 245 m gegenüber dem Niveau von 1990 bedeutet. Schließt man hieraus wiederum auf eine entsprechende Absenkung der Vegetationsstufen, so muss zu diesem Zeitpunkt das gesamte Untersuchungsgebiet wieder oberhalb der Krummholzgrenze gelegen haben, auch unter der Annahme einer rezenten anthropogen bedingten Absenkung dieser Grenze. Zudem ist die erneute Ausprägung einer nivalen Stufe denkbar (siehe Kapitel 5; 7.3).

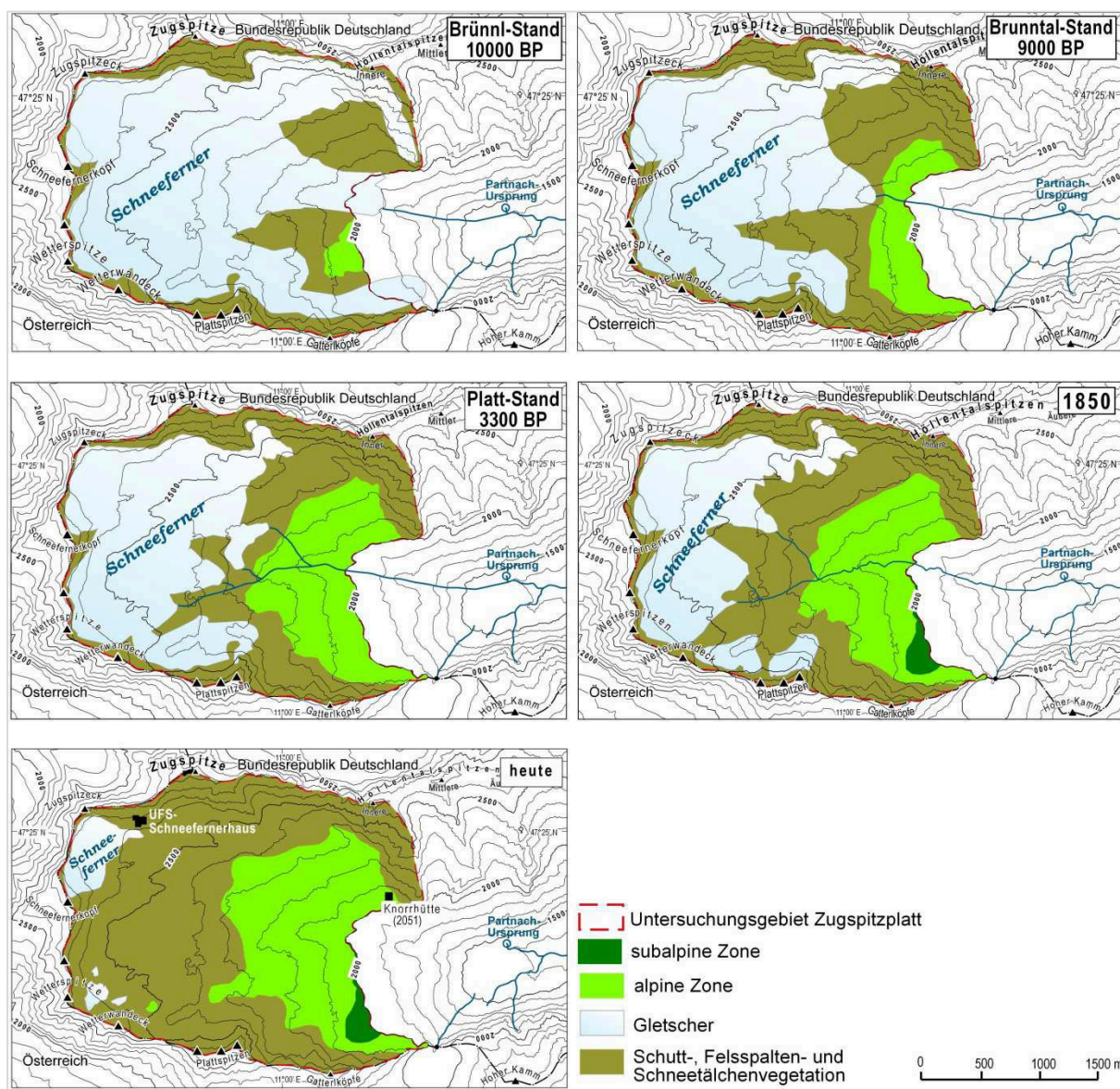


Abb. 18: Vergletscherung und Lage der Vegetationsstufen auf dem Zugspitzplatt. Die Rekonstruktion der Gletscherbedeckung erfolgte nach HIRTLREITER (1992).

Während des Boreals zog sich das Eis wieder in eine Höhe von ca. 2500 m zurück und es ist zu vermuten, dass während des Atlantikums bis ca. 5000 BP die Gletscherbedeckung des Zugspitzplatts in etwa nur mehr der heutigen entsprach. Somit konnte sich auch die Vegetation wieder ausbreiten und eine der heutigen ähnliche Verbreitung erreicht haben. Der große Reichtum an Baumpollen in dem Dolinensediment legt zudem die Vermutung

Das Untersuchungsgebiet

nahe, dass die Waldgrenze während des atlantischen Klimaoptimums höher als in der Gegenwart gelegen haben muss und somit nicht weit von der untersuchten Doline entfernt. Die unteren Plattbereiche könnten sogar teilweise bewaldet gewesen sein (GRÜGER & JERZ 2010).

Im Subboreal setzte schließlich abermals eine Abkühlung ein, die wiederum ein erneutes Vorstoßen des Eises zur Folge hatte. Dies manifestiert sich in den Moränen des Platt-Standes (2320 m), die auf die Löss-Schwankung (3100-3400 BP) datiert werden (Abb. 19). Dies entspricht einer Depression der Schneegrenze um 140 m gegenüber 1990 (GRÜGER & JERZ 2010; HIRTLREITER 1992). Entsprechend muss eine Depression der Vegetationshöhenstufen erfolgt sein, so dass zumindest die Grenze von der subnivalen zur alpinen Stufe tiefer als heute lag. Kleinräumig kann es im Bereich der höheren Gipfel der Plattumrahmung zur Ausbildung nivaler Bereiche gekommen sein.

Für den jüngsten Abschnitt des Holozäns bis in die Gegenwart (Subatlantikum) ist die Abkühlung der „kleinen Eiszeit“ mit ihren jüngsten Gletscherhöchstständen in der Mitte des 19. Jh. (siehe Kapitel 4.3) gut anhand von Moränen dokumentiert (Abb. 6). Aufgrund der gegenüber 1990 um 110 m tieferen Schneegrenze (HIRTLREITER 1992) ist auch für diesen Abschnitt eine Depression der alpinen zugunsten der subnivalen Stufe anzunehmen. Die Lage des Latschengürtels scheint aber weitestgehend mit der heutigen Position identisch gewesen zu sein. Dies legen zumindest alte kartographische Darstellungen des Zugspitzplatts wie von NAUS (1826) oder Zeichnungen wie beispielsweise in SCHWAIGER (1901) nahe. Überlegungen zu einer anthropo-zoogenen Depression der aktuellen Krummholzgrenze werden in Kapitel 7.3 näher dargelegt.

4.7 Nutzung und Umgestaltung des Zugspitzgebiets durch den Menschen

Die erste belegte Besteigung der Zugspitze erfolgte 1820 durch den Vermessungstechniker JOSEF NAUS, den Bergführer JOHANN GEORG TAUSCHL und den Messgehilfen MEIER, im Zuge der Kartierarbeiten zum Topographischen Atlas Bayern. Die auf einer Karte des 18. Jahrhunderts begründete These, dass der Gipfel bereits früher erreicht worden war, konnte dagegen bisher nicht zweifelsfrei belegt werden (UFS 2013; BRUNNER & HORST 2007).

Die 1855 auf dem nordöstlichen Zugspitzplatt errichtete und 1873 erweiterte Knorr-Hütte (2051 m) markiert dann den Beginn touristischer Infrastruktur im Untersuchungsgebiet (DEUTSCHER ALPENVEREIN MÜNCHEN & OBERLAND 2013). 1897 wurden auf dem Westgipfel der Zugspitze mit dem Münchner Haus (2959 m) eine weitere Alpenvereinshütte und mit dem 1900 dort eingeweihten meteorologischen Observatorium auch erstmals eine wissenschaftliche Einrichtung errichtet (UFS 2013; MÜNCHNER HAUS 2013). Dass der Wandertourismus am Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jahrhunderts immer beliebter wurde, zeigen auch erste Wanderführer zum Gebiet aus dieser Zeit wie etwa der von SCHWAIGER (1901). Im Vorwort (S. III) zur zweiten Auflage kommentiert der Autor die Notwendigkeit einer solchen, da zuvor *„noch manche Lücke auszufüllen, noch manches Problem der Erstbesteigungen in fast noch unbetretenen Teilen des Gebietes zu lösen“* war.

Das Untersuchungsgebiet

Zur touristischen Entwicklung merkt er an (S. III), dass *„Nachdem nun in den letzten Jahren durch eine Anzahl hervorragender Bergsteiger die touristische Erschließung der Gruppe so weit gediehen ist, daß außer der Lösung einiger weniger Probleme nichts wichtiges mehr zu erwarten ist, schaffensfreudige Sektionen durch Herstellung trefflicher Weganlagen und Unterkunftshäuser die Zugänglichkeit früher einsamer Gebiete bedeutend erleichtert und dadurch den Besuch seitens der Bergfreunde bedeutend vermehrt haben“*.

Das Zeitalter der mechanischen Beförderung begann 1926 mit der ersten Seilbahn von der Tiroler Seite des Zugspitzmassivs auf das Zugspitzeck (TZB 2013). 1930 wurde dann die Zahnradbahn fertiggestellt, die von Garmisch-Partenkirchen kommend, in 2650 m am geplanten Hotel Schneefernerhaus endete. Dabei überwindet die noch heute existierende Bahnstecke 1010 m Höhendifferenz in einem 4453 m langen, durch den Fels des Zugspitz-Massivs getriebenen Tunnel. Im Jahr darauf eröffnete dann schließlich auch das Hotel und eine von dort auf den Gipfel der Zugspitze führende Seilbahn (UFS 2013; BZB 2013).

In der Nachkriegszeit erfolgte ein weiterer massiver Ausbau der Infrastruktur. Hierbei spielte vor allem der immer populärer werdende Skisport eine maßgebliche Rolle. Der erste Schlepplift zum Schneefernerkopf wurde 1956 errichtet. Zwei weitere folgten bis 1960. Ab 1962 war es zudem möglich, den Zugspitzgipfel mit der neu eingeweihten Eibsee-Seilbahn und ab 1964 über eine Verlängerung der bestehenden Tiroler Zugspitzbahn zu erreichen. 1967 wurde der Lift am Schneefernerkopf durch einen Doppelschlepplift ersetzt, der 2000 Skifahrer pro Stunde befördern konnte und bis 1979 kamen mit den Liften Gletschersee und Wetterwanddeck zwei weitere Doppelschlepplifte und 1984 mit dem Brunntal-Lift noch ein einfacher Schlepplift hinzu (BZB 2013). Damit waren alle Gebiete des aktuell bestehenden Skigebiets erschlossen.

1981 wurden mit der Kapelle Maria Heimsuchung und 1983 mit dem Selbstbedienungsrestaurant SonnAlpin (beide auf ca. 2600 m) zwei weitere Gebäude auf dem Zugspitzplatt errichtet. Seit 1988 befindet sich auch der Endbahnhof der Zahnradbahn am Ende eines 975 m langen, neuen Tunnelabschnitts unterhalb des SonnAlpin, welches 1989 zusätzlich erweitert wurde. 1993 wurde schließlich die neue Gipfelstation der Eibsee-Seilbahn fertiggestellt und gleichzeitig die von dort auf das Platt führende Gletscherseilbahn eingeweiht. Zwei Jahre zuvor hatte bereits die neue Tiroler Zugspitzbahn (TZB) ihren Betrieb aufgenommen. Mit dem Umbau des 1992 endgültig geschlossenen Hotels Schneefernerhaus zur Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS), die 1999 eröffnet wurde, war schließlich eine Bebauung des Untersuchungsgebiets erreicht, die weitgehend der heutigen entspricht (Abb.19). Dennoch werden bestehende Anlagen auch weiterhin modernisiert und teilweise ausgebaut, wie etwa die Schlepplifte Sonnenkar und Wetterwanddeck, die 2003 bzw. 2012 durch moderne Sessellifte ersetzt wurden. Auch wurde 2009 die Forschungsbahn zur UFS fertiggestellt, die eine direkte Verbindung zum SonnAlpin ermöglicht (UFS 2013; BZB 2013; TZB 2013).



Abb. 19: Die Bebauung auf dem Zugspitzplatt von der UFS aus gesehen. Von links nach rechts: die Gipfelstation des Sonnenkar-Sessellifts, die Talstationen der Schlepplifte Gletschersee (der Lift wurde 2012 abgerissen) und Schneefernerkopf, das SonnAlpin mit den Talstationen der Gletscherbahn und der Forschungsbahn zur UFS, die Kapelle Maria Heimsuchung. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Heute wird das Zugspitzgebiet jährlich von deutlich über einer halben Million Besuchern aufgesucht. Gemäß dem Lagebericht der Bayerischen Zugspitzbahn Bergbahn Aktiengesellschaft (BZB) für das Geschäftsjahr vom 01.11.2010-31.10.2011 wurden während dieses Zeitraums 464.822 Personen im Zugspitzgebiet befördert. Diese verteilen sich auf 227.990 Beförderungen im Winter (November-April) und 236.832 im Sommer (Mai-Oktober). Zusätzlich wurden noch 35.883 von der TZB kommende Skifahrer auf dem Zugspitzplatt durch die BZB befördert. Somit ergibt sich eine Gesamtbeförderungszahl von 500.705 (UNTERNEHMENSREGISTER 2013). Zu diesen Zahlen kommen noch Bergsteiger und Wanderer hinzu, die das Gebiet ohne die Nutzung von Seilbahnen frequentieren.

Landwirtschaftlich wird das Zugspitzgebiet seit Jahrhunderten als Schafweide für aktuell 350-400 Schafe während der Sommermonate genutzt (mündl. Mitt. durch Herrn Mathias Grasegger von der Weidegenossenschaft Partenkirchen 2011).

Schließlich erfolgte in der Vergangenheit auch immer wieder eine militärische Nutzung des Geländes als Übungsgebiet bis in die Nachkriegszeit, was noch heute durch gelegentliche Funde von Munitionsresten und anderem Schrott militärischen Ursprungs, besonders in den weniger stark begangenen Bereichen des Untersuchungsgebiets, bezeugt wird (Abb. 20).

Auf die Auswirkungen besonders der Beweidung, des Massentourismus und auch der infrastrukturellen Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen auf die Flora und Vegetation des Untersuchungsgebiets Zugspitzplatt wird in den Kapiteln 7.1.4 und 7.3 vertiefend eingegangen.



Abb. 20: Munitionsschrott auf dem wenig begangenen südlichen Zugspitzplatt. Die abgebildete Granate wurde später von der Polizei Garmisch-Partenkirchen geborgen. (Aufnahme: Oliver Korch 2012).

4.8 Naturschutzrechtliche Einordnung des Zugspitzplatt und Raumordnung

Das Zugspitzplatt befindet sich im Landschaftsschutzgebiet "Wettersteingebiet einschließlich Latschengürtel von Mittenwald". Eine naturschutzrechtliche Sicherung besteht dabei seit 1976. Nach dem Alpenplan des Landesentwicklungsprogramms Bayern von 2006 ist das Untersuchungsgebiet Teil der "Erholungslandschaft Alpen". Der westliche Plattbereich ist hierbei Teil der Zone A und das südliche und östliche Zugspitzplatt befinden sich in der Zone C (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE 2013).

5. Die Vegetation des Zugspitzplatts

Abb. 21 zeigt die drei Zonen der Vegetation im Untersuchungsgebiet, wie sie sich auf Grundlage der Vegetationsaufnahmen 2009-2013 darstellen:

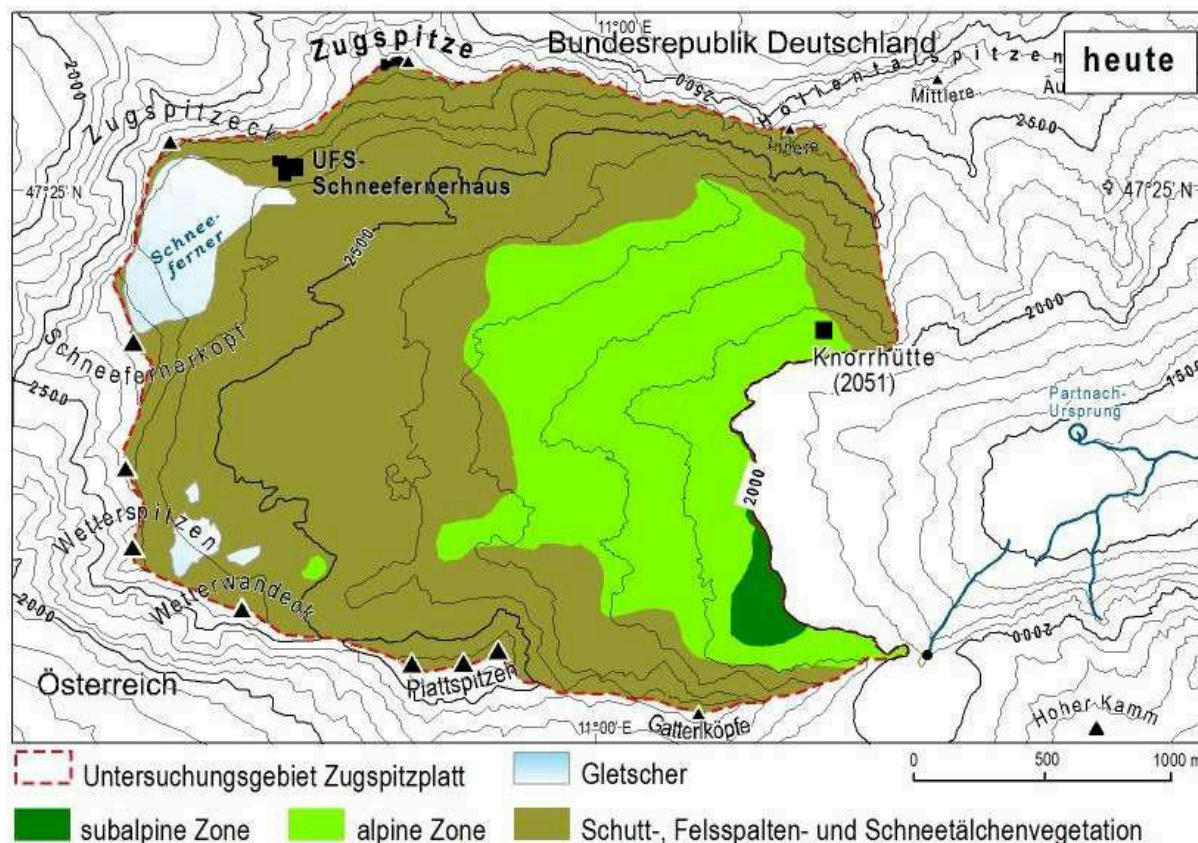


Abb. 21: Die unterschiedlichen Vegetationszonen auf dem Zugspitzplatt.

Danach kann die Vegetation des Zugspitzplatts grundsätzlich in die Zone der subalpinen, von der Latsche dominierten Krummholz-Formationen, die Zone der alpinen Rasen und Zwergstrauchheiden sowie die Zone der Schutt-, Felsspalten-, und Schneetälchenvegetation gegliedert werden. Hierbei werden im Folgenden neben dem Begriff „alpine Höhenstufe“ die Begriffe „subalpine Höhenstufe“ sowie „subnivale Höhenstufe“ verwendet, obwohl diese zwar nicht international in der Literatur gebräuchlich, in Mitteleuropa jedoch allgemein anerkannt sind (KÖRNER 2003) und eine sinnvolle vertikale Gliederung der Plattvegetation erleichtern.

Mit der kleinsten räumlichen Ausdehnung ist die in der obersten subalpinen Vegetationsstufe gelegene Zone des Latschenkrummholzes vertreten. Die von der Latsche oder Legföhre (*Pinus mugo ssp. mugo*) dominierten, von OZENDA (1988) als typische Klimaxgesellschaft der subalpinen Höhenstufe beschriebenen Bestände erstrecken sich ausschließlich auf dem südöstlichen Platt bis in eine Höhe von ca. 2070 m. Darüber befinden sich nur noch Einzelindividuen an Gunststandorten, wie etwa im Schutz großer Blöcke des südlichen Bergsturzgeländes bis in etwa 2150 m. Aber auch innerhalb des eigentlichen Verbreitungsgebiets erreichen die Latschenbestände keine absoluten Deckungsgrade mehr.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Sie bilden vielmehr ein Mosaik von einzelnen Krummholzflächen, deren jeweiliges Erscheinungsbild von einem bis mehreren durchweg fruchtenden Individuen von *Pinus mugo* dominiert wird, Rasengesellschaften sowie Zwergstrauchheiden. Die beiden letztgenannten Pflanzenformationen vermitteln hierbei zur oberhalb gelegenen alpinen Zone. Die subalpine Zone des Zugspitzplatts ist Teil des häufig „Kampfzone des Waldes“ (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010) genannten Ökoton zwischen der alpinen Rasenstufe und der eigentlichen Waldgrenze, die erst unterhalb des Untersuchungsgebiets, im Bereich der Geländeschwelle hin zum oberen Reintal in etwa 1600 m erreicht wird.

Die alpine Zone des Untersuchungsgebiets, die komplett innerhalb der namensgebenden alpinen Vegetationsstufe liegt, reicht im Mittel bis in Höhen von 2300-2400 m. Im Bereich des südwestlichen Zugspitzplatts sind inselartige Vorposten noch auf über 2500 m anzutreffen, was hier der besonderen geländeklimatischen Begünstigung dieser Flächen geschuldet ist (siehe Kapitel 7.2.1 f.). Auf dem südöstlichen Platt, anschließend an das Krummholz-Ökoton sowie auf dem oberhalb gelegenen Bergsturzgelände bilden Zwergstrauchheiden als typische Vegetation der unteren alpinen Stufe (ELLENBERG 1996) die dominierende Pflanzenformation. Der weitaus größere Teil der alpinen Zone wird jedoch von Rasengesellschaften dominiert, wobei deren Wuchshöhe und Artenreichtum mit der Höhe abnehmen, ehe im Bereich des Übergangs zur subnivalen Höhenstufe die Rasenflächen lückiger werden und sich schließlich ganz auflösen. In diesem zweiten Ökoton kommen ebenfalls Spalierweidenrasen verstärkt vor. Im Bereich der feuchten Steinschlagrinnen, Schuttflächen und Karren im Schichtkopfkarrst kommt schließlich eine Form der Felsspalten- und Schuttvegetation vor, die sich entsprechend der klimatischen Gunst in geringerer Höhe an diese begünstigenden Standortverhältnisse angepasst hat.

Das gesamte obere Zugspitzplatt sowie die Schutthalden unmittelbar unterhalb der Plattumrahmung bilden die Zone der Schutt-, Fellsalten- und Schneetälchenvegetation. Diese flächenmäßig größte Zone liegt in ihrem gesamten oberen Bereich innerhalb der subnivalen Höhenstufe, welche sich über das Untersuchungsgebiet hinaus bis zum Zugspitzgipfel fortsetzt. Der Schutthaldenbereich des unteren Platts reicht zwar mit einer Höhe bis gegen 2000 m wesentlich tiefer, doch findet sich auch hier aufgrund der extremen Mobilität des Substrats sowie des teilweise erst sehr spät im Jahr abtauenden Lawinenschnees unterhalb der Felswände weitestgehend eine von den Gesellschaften des subnivalen Bereichs geprägte Vegetation.

Die aktuelle Existenz einer nivalen Vegetationsstufe für das Zugspitzgebiet wird als Ergebnis dieser Arbeit bestritten, obwohl andere Autoren (CREDNER 1995; HÜTTL 1999) diese in der Vergangenheit forderten. Begründet wird dies mit der allgemeinen Definition dieser Höhenstufe als der Bereich oberhalb der klimatischen Schneegrenze (u.a. ELLENBERG 1996; KÖRNER 2003; MIEHE et al. 2004, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Da weder auf dem Zugspitzplatt noch auf der sich oberhalb anschließenden Plattumrahmung rezent regelmäßig übersommernder Schnee oder sogar sich aufbauendes Gletschereis anzutreffen ist (siehe Kapitel 4.3), ist davon auszugehen, dass das gesamte Gebiet unterhalb der klimatischen

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Schneegrenze liegt und somit die Existenz einer nivalen Vegetationsstufe aktuell nicht möglich ist. Eigene Beobachtungen von häufig anzutreffenden, subnival verbreiteten Arten im Bereich des Zugspitzgipfels (u.a. *Papaver sendtneri*, *Cerastium latifolium*, *Pritzelago alpina*) während der Geländearbeiten bestätigen dies für die Gegenwart, entsprechende Funde von POELT (1955) aber auch für die Vergangenheit.

In den folgenden Kapiteln wird nun die aktuelle Vegetation des Zugspitzplatts auf Ebene der Assoziationen vorgestellt und beschrieben. Für Flächen, die als Dauerbeobachtungsflächen im Rahmen des Dauermonitorings Aufnahme fanden, sind immer die jeweiligen Erstaufnahmen in die Beschreibungen eingegangen. Die Daten der späteren Wiederaufnahmen sind in den Kapiteln 6.1 ff. angeführt und werden dort in der Auswertung der bisherigen Langzeitbeobachtungsergebnisse diskutiert.

5.1 Die Latschengebüsche der obersten subalpinen Stufe

In Tab. 6 sind die an den Latschenstandorten des unteren Zugspitzplatts (1997-2054 m) durchgeführten Vegetationsaufnahmen zusammengefasst. Deutlich geht daraus eine Zweiteilung der Latschengebüsche in zwei Assoziationen mit einem jeweiligen Vorkommen der basophilen Bewimperten Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) bzw. der acidophilen Rostblättrigen Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) hervor. Diese Zweiteilung steht im von Natur aus karbonatreichen Wettersteingebiet in Zusammenhang mit den aus überwiegend schlecht zersetzter Nadelstreu aufgebauten Rohhumusdecken unterhalb der Latschen. Diese leiten bei zunehmender Mächtigkeit die allmähliche Versauerung der Standorte ein, so dass kurzzeitig auch Übergangsstadien (CREDNER 1995) mit einem gleichzeitigen Vorkommen beider Alpenrosen-Arten angetroffen werden können.

Tab. 6: Vegetationsaufnahmen in den Latschengebüschen des unteren Zugspitzplatts. Aufgrund der unklaren syntaxonomischen Einordnung der Latschengebüsche (s. u.) wurden Kenn- und Trennarten nicht gesondert ausgewiesen.

Aufnahme	109	11	35	39
Höhe	2054	1997	2000	2003
Exposition	.	NO	SSO	.
Neigung (°)	0	10	15	0
Höhe Str. (cm)	150	200	150	100
Deck. Str. (%)	80	65	90	90
Höhe Kra.	25	15	50	20
Deck. Kra (%)	80	40	40	50
Deck. Moos (%)	3	0	25	50
Aufnahmefläche (m²)	k.A.	10	25	25
Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo				
Str. Pinus mugo	5	3	4	5
Str. Rhododendron hirsutum	.	2a	.	.
Rhododendron hirsutum	4	.	.	.
Erica carnea	2a	.	.	.
Rhododendretum ferruginei				
Str Rhododendron ferrugineum	.	.	2b	1
Begleiter				
Str Vaccinium myrtillus	.	.	2a	.
Vaccinium vitis-idaea	2a	2a	2b	2b
Vaccinium myrtillus	2a	3	2b	3
Lycopodium annotinum	2a	2a	2a	.
Viola biflora	.	1	r	.
Empetrum hermaphroditum	2a	.	.	.
Juniperus communis subsp. alpina	1	.	.	.
Nardus stricta	.	.	1	.
Sesleria albicans	+	.	.	.
Campanula scheuchzeri	+	.	.	.
Homogyne alpina	+	.	.	.
Loiseleuria procumbens	r	.	.	.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

CREDNER (1995) weist in ihrer Arbeit auf die unklare systematische Einordnung der Latschengesellschaften hin, was sich besonders für das *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo in zahlreichen Synonymen äußert (RENNWALD 2000 Bearb.). Im nachfolgenden Kapitel wird auf diese Problematik eingegangen.

5.1.1 Klasse *Erico-Pinetea* HORVAT 1959

5.1.1.1 Ordnung *Erico-Pinetalia* HORVAT 1959

5.1.1.1.1 Verband *Erico-Pinion mugo* LEIBUNDGUT 1948 nom. inv. prop.

5.1.1.1.1.1 Assoziation *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo BR.-BL. et al. 1939 nom. inv. prop.

Diese im Deutschen als Wimperalpenrosen-Latschen-Gebüsch (RENNWALD 2000 Bearb.) bezeichnete Gesellschaft (Tab. 6, Aufnahmen 109 und 11) ist die zonal typische Ausprägung des Latschengebüschs auf Karbonatgestein in den Bayerischen Alpen; mit *Pinus mugo*, *Rhododendron hirsutum* und häufig *Erica carnea* als diese typischerweise kennzeichnende Arten (SEIBERT 1992a). Sie ist im Untersuchungsgebiet auf überwiegend östlich exponierten Lagen am oberen Ende der Steilstufe hin zum oberen Reintal ausgebildet.

Hinsichtlich der korrekten Benennung dieser Gesellschaft gibt es neben dem hier verwendeten Namen *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo (RENNWALD 2000 Bearb.) Alternativbezeichnungen, welche in anderen vegetationskundlichen Arbeiten aus der Region als Synonyme anzusehen sind (ZÖTTL 1950: „*Pinus montana* postrata - *Rhododendron hirsutum* Assoziation“; WEBER 1981: „*Mugeto-Rhodoretum hirsuti*“). Für die Vorkommen dieser Gesellschaft auf dem Zugspitzplatt wird die Auffassung von HÖLZEL (in RENNWALD 2000 Bearb.) geteilt, dass andere für diese Gesellschaft verwendete Namen wie *Erico-Rhododendretum hirsuti* (EGGENSBERGER 1993 für die benachbarten Ammergauer Alpen) aufgrund des Fehlens der diese Gesellschaft dominierenden *Pinus mugo* als Namensbestandteil nicht verwendet werden können. Aus diesem Grund erscheint auch die von WALLNÖFER (1993) und POTT (1995) verwendete Bezeichnung *Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti* für die Karbonat-Latschengebüsche des Zugspitzplatts problematisch, zumal hier eine der namensgebenden Charakterarten *Rhodothamnus chamaecistus* im Untersuchungsgebiet fehlt.

Optimal ausgebildet ist das *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo dort, wo die hauptsächlich aus Latschenstreu aufgebaute Rohhumusschicht noch so geringmächtig ist, dass zwar Säurezeiger wie *Vaccinium*-Arten vorkommen, *Rhododendron hirsutum* aber noch Kontakt zum basischen Ausgangsgestein herzustellen vermag. Besonders in den Randbereichen der Latschengebüsche sind häufig Arten zu finden, welche zu den benachbarten Rasen der Klasse *Elymo-Seslerietea* (siehe Kapitel 5.3.1 ff) vermitteln.

Die initiale Entwicklung des Wimperalpenrosen-Latschen-Gebüschs kann dabei sowohl aus diesen Rasengesellschaften (Abb.22) als auch aus Schuttgesellschaften der Klasse der *Thlaspietea rotundifolii* eingeleitet werden, wie der Fund einzelner Latschenkeimlinge und

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Alpenrosen-Büsche auch im Bereich der Schuttflächen im Bereich des Gatterls nahelegen. Dies entspricht den Beobachtungen von EGGENSBERGER (1993) für die Ammergauer Alpen. Trotz dieses Vorhandenseins von vereinzelt jungen Latschen-Individuen auf offenen Flächen werden die eigentlichen Latschengebüsche des Zugspitzplatts aktuell nahezu ausschließlich von alten Exemplaren aufgebaut. Dies lässt den Schluss zu, dass das Fehlen von jungen Stadien der Gesellschaft trotz offensichtlich günstiger Standortfaktoren (siehe Kapitel 7.3) in erster Linie auf Schäden durch Tritt und Verbiss (Abb.22) zurückzuführen ist, verursacht primär durch die im Sommer auf dem Platt weidenden Schafe.



Abb. 22: Junges Exemplar von *Pinus mugo* in einem Polsterseggen-Rasen. Deutlich zu erkennen ist der durch Verbiss hervorgerufene bonsaiartige Wuchs (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

5.1.2 Klasse Loiseleurio-Vaccinietea EGGELER ex R. SCHUBERT 1960

5.1.2.1 Ordnung Rhododendro-Vaccinietalia BR.-BL. in BR.-BL. et JENNY 1926

5.1.2.1.1 Verband Loiseleurio-Vaccinion BR.-BL. in BR.-BL. et JENNY 1926

5.1.2.1.1.1 Assoziation Rhododendretum ferruginei RÜBEL 1911

Schreitet die Akkumulation von saurem und schlecht zersetztem, zu großen Teilen auch aus abgestorbenen Moosen gebildetem Rohhumus unter den Latschen voran, kommt es schließlich zur Ausbildung mächtiger Tangelrendzinen (bis zu über einen Meter mächtige Rohhumusauflagen wurden im Untersuchungsgebiet beobachtet). Die Wurzeln der darauf wachsenden Pflanzen verlieren schließlich jeglichen Kontakt zu karbonatreichen Bodenhorizonten (SEIBERT 1992b). Dies geht einher mit einem gesellschaftlichen Wandel des Latschengebüschs fort vom *Rhododendro hirsuti*-Pinetum *mugo* hin zum *Rhododendretum ferruginei* (Tab. 6, Aufnahmen 35 und 39). EGGENSBERGER (1993, synonyme Bezeichnung als *Vaccinio-Rhododendretum ferruginei*) führt als zweiten Weg zur Entstehung dieser Gesellschaft noch die Entwicklung aus sauren Borstgras-Rasen heraus an. Da eine solche Sukzession nach KNAPP (1962) aber das Ergebnis des Einstellens von Beweidung ist, kann ein solcher Entwicklungsweg für das beweidete Zugspitzplatt trotz vorhandener Borstgras-Rasen (siehe Kapitel 5.3.2.1.1.1) ausgeschlossen werden.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Die Gesellschaft der Rostblättrigen Alpenrose stellt das Endstadium der Sukzession an feuchten Standorten der oberen subalpinen Stufe dar (SEIBERT 1992b; EGGENSBERGER 1993) und entwickelt sich aus dem *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo häufig über ein Zwischenstadium, welches durch das Vorhandensein von *Rhododendron x intermedium* (EGGENBERGER 1993) dokumentiert ist, einem Bastard aus *Rhododendron hirsutum* und dem mit voranschreitender Entwicklung zunehmend diese Art verdrängenden *Rhododendron ferrugineum*. Die schon von SAITNER & PFADENHAUER (1992) für das Karwendelgebirge und von CREDNER (1995) für das Zugspitzplatt berichtete Koexistenz beider Arten in unmittelbarer Nachbarschaft innerhalb der Latschenbestände deckt sich mit eigenen Beobachtungen, wonach häufig beide Gesellschaften sowohl räumlich getrennt als auch unmittelbar nebeneinander auf dem südöstlichen Platt anzutreffen sind. Bei diesem letztgenannten Zustand ist häufig das vermehrte Auftreten von *Rhododendron hirsutum* am talwärts gerichteten Rand der Gebüsche mit geringerer Rohhumusauflage und ein Dominieren von *Rhododendron ferrugineum* in den Zentren sowie an den hangaufwärts gerichteten, aufgrund des Schneedrucks mutmaßlich ältesten Bereichen mit großem Rohhumushorizont zu beobachten (siehe Abb. 23).



Abb. 23: *Rhododendretum ferruginei* in 2000 m auf dem südöstlichen Zugspitzplatt. Deutlich zu erkennen ist die mächtige Tangelhumus-Auflage, die das Gedeihen einer azonol-acidophilen Vegetation ermöglicht. Zudem ist das aufgrund des winterlichen Schneedrucks deutlich talwärts gerichtete Wachstum der Gesellschaft erkennbar. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).

Im Vergleich zum Wimperialpenrosen-Latschen-Gebüsch ist der Kronenschluss der Latsche in der Gesellschaft der Rostblättrigen Alpenrose im Untersuchungsgebiet dichter und Karbonatzeiger aus den angrenzenden Kalkmagerrasen treten auch in den Randbereichen zurück. Dagegen lassen sich Arten aus den ebenfalls säureliebenden Borstgras-Rasen (Ordnung *Nardetalia*) nachweisen. In Bereichen, an denen die Strauchschicht beispielsweise aufgrund des winterlichen Schneedrucks zurücktritt, treten vermehrt Flechten und Moose

Die Vegetation des Zugspitzplatts

auf. Da diese Bereiche verstärkt der Sonne ausgesetzt sind und somit leichter oberflächlich austrocknen, ist häufig ein Dominieren von Flechten der Gattung *Cladonia* (Abb. 24) festzustellen (SEIBERT 1992b).



Abb. 24: Rentierflechte (*Cladonia rangiferina*) im Rhododendretum ferruginei. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Abschließend bleibt festzustellen, dass die hier vollzogene Aufteilung der Latschengebüsche der Bayerischen Kalkalpen in eine basophile und eine acidophile Assoziation ebenfalls nicht unumstritten ist. Autoren wie FRANKL (2001) sehen in den Beständen mit *Rhododendron ferrugineum* lediglich eine Subassoziation des Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo, da der gesellschaftliche Unterschied der nordalpinen Bestände außer in dem Vorkommen der Rostblättrigen Alpenrose lediglich in einem Ausfall von Kennarten dieser Gesellschaft besteht.



Abb. 25: Von Vertretern der Gattung *Vaccinium* dominierter ehemaliger Latschenstandort. Deutlich erkennbar ist die mächtige Auflage aus Tangelhumus. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).

Die Verbreitung des voll ausgebildeten Rhododendretum ferruginei dürfte in der Vergangenheit ausgedehnter als aktuell gewesen sein. Dies ist durch mitunter mächtige Tangelrendzinen an heute latschen- und alpenrosenfreien Standorten sichtbar (Abb. 25). An

Die Vegetation des Zugspitzplatts

diesen vermutlich anthropogen aufgelichteten und durch die Beweidung freigehaltenen Standorte (zur Radiokarbon-Datierung von Holz aus einer solchen Fläche siehe Kapitel 7.3) hält sich entweder eine degradierte und verarmte, von Vertretern der Gattung *Vaccinium* dominierte Form der Ursprungsgesellschaft oder es dringen vermehrt Arten der Nardetalia ein (siehe Kapitel 5.3.2.1.1.1). Ein solches Eindringen alpiner Rasen und Heiden in potentielle Gebüsch- Waldstandorte infolge von Beweidung kann weltweit immer wieder nachgewiesen werden (COOP & GIVNISH 2008).

5.2 Die Zwergstrauchheiden der obersten subalpinen Stufe

Im südöstlichsten Untersuchungsgebiet, im Bereich des Plattsteigs in Richtung Gatterl, trifft man zwischen inselartigen Latschengebüschen auf größere, von basophilen Zwergstrauchheiden bestandene Flächen, eine Pflanzenformation, die für die Kalkalpen eher ungewöhnlich erscheint (REISIGL & KELLER 1989). Die Aufnahmen zu diesen Flächen sind in Tab. 7 dargestellt.

Tab. 7: Vegetationsaufnahmen in den Zwergstrauchheiden des unteren Zugspitzplatts.

Aufnahme	107	108		107	108
Höhe	2002	2023	<i>Erica carnea</i>	.	1
Exposition	ONO	SO	<i>Parnassia palustris</i>	1	.
Neigung (°)	15	25	<i>Bistorta vivipara</i>	1	.
Höhe. Kra.	40	45	<i>Festuca quadriflora</i>	.	1
Deck. Kra. (%)	70	70	<i>Helianthemum alpestre</i>	1	.
Deck. Moos (%)	1	0,5	<i>Euphrasia minima</i>	1	.
Aufnahmefläche (m²)	15	12	<i>Scabiosa lucida</i>	.	1
dom.			<i>Carex ferruginea</i>	1	.
<i>Rhododendron hirsutum</i>	2a	2b	<i>Poa alpina</i>	1	.
<i>Dryas octopetala</i>	3	2a	<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	+	.
<i>Carex sempervirens</i>	1	2a	<i>Thymus praecox</i> subsp. pol.	+	.
			<i>Phyteuma orbiculare</i>	+	.
			<i>Soldanella alpina</i>	+	.
<i>Ranunculus alpestris</i>	2m	2m	<i>Potentilla brauneana</i>	+	.
<i>Campanula scheuchzeri</i>	2m	1	<i>Pedicularis rostratocap.</i>	.	+
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	2m	1	<i>Valeriana montana</i>	.	+
<i>Sesleria albicans</i>	1	2m	<i>Carex firma</i>	.	+
<i>Gentianella aspera</i>	r	2m	<i>Carex parviflora</i>	r	.
<i>Galium anisophyllum</i>	1	1	<i>Gentiana nivalis</i>	r	.
<i>Viola biflora</i>	1	1	<i>Gentiana verna</i>	.	r
<i>Daphne striata</i>	r	1	<i>Polygala alpestris</i>	r	.
<i>Crepis aurea</i>	1	r			
<i>Aster bellidiastrum</i>	1	r			
<i>Veronica aphylla</i>	+	+			
<i>Homogyne alpina</i>	2m	.			
<i>Selaginella selaginoides</i>	2m	.			
<i>Ligusticum mutellina</i>	2m	.			
<i>Carex capillaris</i>	2m	.			
<i>Agrostis alpina</i>	2m	.			

5.2.1 *Rhododendron hirsutum*-*Dryas octopetala*-*Carex sempervirens* Gesellschaft

EGGENSBERGER (1993) beschreibt für die Ammergauer Alpen Aufnahmen des *Rhododendron hirsuti*-Pinetum mugo (dort als *Erico-Rhododendretum hirsuti*) ohne *Pinus mugo* als initiale Stadien des Latschengebüschs. Auch DÜRING & WIERER (1995) führen zwergstrauchreiche, an Säurezeigern reiche Gesellschaften mit *Rhododendron hirsutum* als Übergangsstadien von Rasen hin zu Gebüsch für das Karwendelgebirge an. Beide unterscheiden sich jedoch deutlich von den auf dem Zugspitzplatt erhobenen Aufnahmen: Bei diesen treten neben der Bewimperten Alpenrose sowohl die Silberwurz (*Dryas octopetala*) als auch die Horstsegge (*Carex sempervirens*) deutlich hervor. Zudem fehlen großflächig Säurezeiger.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Die Gesellschaft erinnert in Teilen an eine von ZÖTTL (1950) als „*Daphne striata-Erica carnea* Assoziation“ beschriebene Fläche auf einer Schutthalde unterhalb der Knorr-Hütte, welche in dieser Form nicht wieder lokalisiert werden konnte. Im Vergleich zu den hier beschriebenen Flächen zeigt sich die Aufnahme von ZÖTTL jedoch wesentlich artenärmer bei einem gleichzeitigen Fehlen von dort verzeichneten Schlüsselarten wie *Globularia cordifolia* oder *Valeriana saxatilis* in den aktuellen Aufnahmen.

Die Anwesenheit zahlreicher Arten der Elymo-Seslerietea legt schließlich auch hier die Einordnung als eine Übergangsgesellschaft zwischen den Alpinen Blaugras-Rasen und den Latschengebüschen nahe. Im Gegensatz zu den in Kapitel 5.1.1.1.1.1 beschriebenen Schutt- und Rasenflächen konnte jedoch in diesen Zwergstrauchheiden keinerlei Latschenjungwuchs nachgewiesen werden.

Die relativ großflächige Verbreitung dieser als *Rhododendron hirsutum-Dryas octopetala-Carex sempervirens* Gesellschaft bezeichneten Assoziation (Abb. 26) lässt somit die Deutung zu, dass es sich hierbei um eine anthropo-zoogene Dauergesellschaft handelt, die de facto ein Übergangsstadium zwischen Rasen und Latschengebüsch ist. Eine Weiterentwicklung hin zum *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo wird jedoch durch die langjährige und andauernde Beweidung wirksam verhindert.



Abb. 26: *Rhododendron hirsutum-Dryas octopetala-Carex sempervirens* Gesellschaft nordwestlich des Gatterls. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

5.3 Die Rasen des Zugspitzplatts

Verglichen mit den Latschengebüschen und Zwergstrauchheiden nehmen die Rasengesellschaften einen weitaus größeren Flächenanteil des Zugspitzplatts ein. Wie angeführt, sind in der obersten subalpinen Zone des Untersuchungsgebiets Rasen mosaikartig mit den Krummholz- und Heideflächen verzahnt. In der alpinen Zone bilden sie schließlich die typische Vegetationsform und sind überall dort ausgebildet, wo eine

Die Vegetation des Zugspitzplatts

nachlassende Schuttdynamik sowie für die Bodenentwicklung günstige Bedingungen deren Entwicklung zulassen.

Hinsichtlich ihrer Gliederung lassen sich die Rasen in drei Gruppen aufteilen: Standorttypische Gesellschaften, welche trotz teilweise anthropo-zoogener Beeinflussung als Klimaxgesellschaften an ihren jeweiligen Standorten anzusehen sind; eine Zwischenstellung nehmen dann ähnlich wie in der subalpinen Zone Rasen ein, welche zwar im Wesentlichen standorttypisch ausgeprägt sind, durch anthropo-zoogene Störung jedoch offensichtlich an ihrer Weiterentwicklung etwa zu Zwergstrauchheiden gehemmt werden; demgegenüber sind schließlich jene Rasengesellschaften einer dritten Gruppe zu stellen, deren Entwicklung und Bestand unmittelbar auf den Einfluss der Beweidung und ihre Folgen zurückzuführen ist. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Rasengesellschaften entsprechend dieser Dreiteilung vorgestellt und beschrieben.

5.3.1 Klasse Elymo-Seslerietea BR. -BL. 1948

5.3.1.1 Ordnung Seslerietalia albicantis BR. –BR. in BR. -BL. et JENNY 1926

5.3.1.1.1 Verband Seslerion albicantis BR. –BR. in BR. -BL. et JENNY 1926

5.3.1.1.1.1 Assoziation Seslerio-Caricetum sempervirentis Br. –Bl. in Br. –Bl. et JENNY 1926

Das im Deutschen als Blaugras-Horstseggen-Halde oder Blaugras-Horstseggen-Rasen (RENNWALD 2000 Bearb.) bezeichnete Seslerio-Caricetum sempervirentis wird von POTT (1995) als eine relativ üppige, von zahlreichen bunten Blüten dominierte Rasengesellschaft beschrieben. In den Bayerischen Alpen ist diese häufig an südexponierten Lagen der alpinen Stufe ausgebildet, kann aber auch noch an tieferen Standorten gedeihen.

Obwohl die relative Häufigkeit dieser Gesellschaft sowohl für den gesamten bayerischen (RÖSLER 1997) und österreichischen Alpenraum (Zusammenfassung durch GRABNER 1997) als auch speziell für die Nachbarregionen des Zugspitzgebiets (SAITNER & PFADENHAUER 1992; EGGENSBERGER 1993) gut belegt ist, sind auf dem Zugspitzplatt lediglich Rasengesellschaften ausgebildet, welche ein Übergangsstadium des häufig in der Sukzession vorangestellten Polsterseggen-Rasens (SÖYRINKI 1954) bzw. eine an Arten verarmte Variante des Blaugras-Horstseggen-Rasens sind. Auch frühere Arbeiten zum Wetterstein- bzw. Zugspitzgebiet (ZÖTTL 1950; CREDNER 1995) sowie für das in vielerlei Hinsicht sehr ähnliche, benachbarte Gebiet der Mieminger Kette (Weber 1981) weisen auf diesen Umstand hin. ZÖTTL als auch WEBER sehen diese fehlende oder schwache Ausprägung der Gesellschaft als eine direkte Konsequenz der hauptsächlich nach Norden exponierten Kare und Schutthalden des Wettersteingebiets bzw. der Mieminger Kette. Für das Zugspitzplatt selber führt CREDNER Aufnahmen aus dem unteren Bereich des Untersuchungsgebiets mit südöstlicher bis südwestlicher Exposition an, welche die Autorin als nicht optimal ausgeprägte Form dieser Assoziation klassifiziert. In diesen Flächen kommen *Carex sempervirens* und *Sesleria albicans* dominant vor.

Die 2009-2013 durchgeführten Aufnahmen von Rasenflächen mit einem verstärkten Vorkommen von Taxa der diagnostischen Artenkombination für das Seslerio-Caricetum sempervirentis nach GRABHERR et al. (1993) sind in Tab. 8 zusammengefasst.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Tab. 8: Rasenflächen mit diagnostischer Artenkombination des Seslerio-Caricetum sempervirentis auf dem Zugspitzplatt.

Aufnahme	88	86	186	121	119	42	221	106	53	57	235	263
Höhe	2075	2101	2060	2070	2077	2010	2305	2054	2151	2162	2194	2320
Exposition	O	O	O	SSO	SSO	SSO	S	SSO	SO	S	O	SSO
Neligung (°)	25	35	15	15	17,5	35	17,5	45	20	10	2	5
Höhe Kra.	35	20	30	17	15	20	15	20	20	20	10	10
Deck. Kra. (%)	90	60	20	85	25	60	70	35	60	80	85	90
Deck. Moos (%)	3	3	1	20	25	2	5	0,5	3	3	5	30
Aufnahmefläche (m²)	15	10	10	9	9	15	9	12	12	8	9	6
AC												
Nigritella nigra	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
DA												
Dryas octopetala	2m	1	-	-	+	-	-	+	-	-	4	-
Daphne striata	1	-	-	1	1	-	-	+	-	+	-	-
Erica carnea	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Polygala chamaebuxus	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
dom./konst. Arten												
Carex firma (VC)	2m	2b	2a	1	+	2b	3	2b	4	3	1	2b
Bistorta vivipara	2m	2m	2m	1	2m	2m	2m	1	2m	2m	2m	2m
Androsace chamaejasme (VC)	2m	2m	+	2m	1	2m	1	2m	2m	2m	1	1
Campanula scheuchzeri	2m	1	1	2m	2m	2m	1	1	1	+	1	+
Carex sempervirens	2a	2m	+	1	+	1	+	1	+	+	1	+
Veronica aphylla (KC/OC)	2m	1	1	2m	1	1	2m	-	2m	2m	-	+
Potentilla brauneana	1	1	1	-	-	+	2m	-	2m	+	r	2m
Euphrasia salisburgensis (VC)	2m	2m	1	+	-	-	1	2m	-	-	1	2m
Festuca quadriflora (DV)	-	-	1	2b	1	2m	2a	2m	1	2m	1	1
Sesleria albicans (KC/OC)	1	2a	1	-	1	2m	2m	2m	1	2m	1	-
Galium anisophyllum (KC/OC)	2m	1	1	1	1	2m	-	1	2m	2m	-	-
Soldanella alpina	2m	1	1	1	1	2m	1	-	-	-	2m	-
VC												
Helianthemum alpestre	1	-	r	2m	-	2m	-	2m	1	1	-	-
Sedum atratum	-	1	+	-	+	-	1	-	-	-	-	-
Gentiana clusii	+	-	r	+	-	-	-	-	1	-	-	-
Saxifraga moschata	-	r	-	-	+	-	r	-	-	-	-	-
Pedicularis rostratocapitata	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
KC/OC												
Gentianella aspera	1	1	1	-	-	-	1	+	-	-	1	-
Phyteuma orbiculare	+	-	-	1	+	2m	-	-	-	1	+	-
Globularia cordifolia	-	-	-	1	1	2b	-	1	-	2a	-	-
Thymus praecox subsp. polytrichus	-	-	-	1	1	2m	-	-	1	1	-	-
Acinos alpinus	-	r	-	+	1	2b	-	-	-	-	-	-
Aster bellidiastrium	2m	1	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Gentiana nivalis	+	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	1
Scabiosa lucida	2a	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alchemilla hoppeana	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polygala alpestris	-	-	-	+	-	r	-	-	-	-	-	-
Gentiana verna	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r
Hieracium pilosum	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-
Helianthemum grandiflorum	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carduus defloratus	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO												
Carex capillaris	2m	1	1	-	2m	-	1	-	-	-	-	-
Hippocrepis comosa	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	-	-
Anthoxanthum alpinum	2m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leontodon hispidus	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Begleiter												
Silene acaulis	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	r
Ranunculus alpestris	-	1	1	-	1	-	2m	-	-	-	1	1
Gnaphalium sedoheum	1	1	1	+	+	-	-	-	r	-	-	-
Minuartia sedoides	-	+	r	-	-	-	+	r	r	-	-	+
Asplenium viride	r	r	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Agrostis alpina	2m	2a	-	-	-	-	-	-	2m	2m	-	-
Campanula cochlearifolia	-	-	-	2m	1	1	-	+	-	-	-	-
Minuartia verna subsp. gerardii	-	-	-	-	1	1	-	+	+	-	-	-
Primula auricula	-	-	-	+	-	-	-	r	+	1	-	-
Salix serpyllifolia	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2b
Ranunculus montanus	1	-	+	-	-	2m	-	-	-	-	-	-
Viola biflora	-	1	r	-	2m	-	-	-	-	-	-	-
Selaginella selaginoides	-	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Crepis jacquinii subsp. kernerii	r	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Achillea atrata	-	r	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Taraxacum alpinum	r	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carex ornithopodioides	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Sagina saginoides	+	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Botrychium lunaria	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhododendron hirsutum	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arabis bellidifolia	-	-	r	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Salix retusa	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leontodon incanus	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parnassia palustris	2m	-	-	-	-	-	r	-	-	r	-	-
Trifolium pratense	2m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primula farinosa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trifolium repens	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligusticum mutellina	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saxifraga caesia	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Silene vulgaris subsp. alpina	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cerastium fontanum	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saxifraga aizoides	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carex parviflora	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pritzelago alpina	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myosotis alpestris	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinguicula alpina	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lotus corniculatus	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alchemilla decumbens	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poa supina	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bartsia alpina	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
Moehringia ciliata	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poa alpina	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arabis caerulea	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-
Festuca rupicaprina	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Säurezeiger												
Homogyne alpina	2m	1	1	-	-	1	1	-	-	-	2m	2m
Euphrasia minima	2m	2m	-	-	-	-	+	-	-	-	1	-
Potentilla aurea	1	-	-	-	-	2m	-	-	-	-	-	1
Leontodon helveticus	-	-	-	1	+	-	-	-	-	r	-	-
Antennaria dioica	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Die Vegetation des Zugspitzplatts

In dieser Tabelle wurden bei den dominanten/konstanten Begleitern dabei all jene Arten berücksichtigt und ergänzt, die in mindestens 2/3 der Aufnahmeflächen vorgefunden wurden. Problematisch erwies sich hierbei die Gliederung der Tabelle, da eine allgemeingültige Definition von Kenn- und Trennarten für diese Gesellschaft aufgrund ihrer großen geographischen Variabilität (OBERDORFER 1974/1976a; POTT 1995) nicht möglich ist. Auch die Zuordnung auf Verbandsebene ist nicht einheitlich. So fasst beispielsweise OBERDORFER (1974/1976a) den Blaugras-Horstseggen-Rasen mit dem Caricetum firmæ (siehe Kapitel 5.3.1.1.2.1) im Verband des Seslerion variæ (bzw. albicantis) zusammen. Dagegen ordnen andere Autoren wie GRABHERR et al. (1993); POTT (1995) und RENNWALD (2000 Bearb.) letztgenannte Gesellschaft einem eigenen Verband, dem Caricion firmæ zu, was aber zu Unklarheiten bezüglich der Kenn- und Trennarten auf dieser Ebene führt. Um schließlich eine den lokalen Verhältnissen möglichst gerecht werdende Darstellung dieser Aufnahmen zu erreichen, stellt Tab. 8 eine für das Zugspitzplatt anwendbare Synthese aus den Ausführungen der genannten Autoren dar, verneint dabei aber nicht etwaige Schwierigkeiten für die Übernahme in rein syntaxonomisch ausgerichtete Arbeiten.

Die in der Tab. 8 dargestellten Aufnahmen weisen alle eine östliche bis südliche Exposition auf, was sich mit den von CREDNER (1995) beschriebenen Aufnahmen deckt. Flächen mit einer westlichen Expositionskomponente (bei Credner angeführt, jedoch ohne eine entsprechende Aufnahme im Detail belegt) konnten hingegen nicht lokalisiert werden. Das bevorzugte Vorkommen dieser Rasen auf den östlich bis südlich exponierten Flächen geht mit der dort vorherrschenden besonderen klimatischen Gunst einher: Neben der allgemeinen Begünstigung von Südlagen dürfte das Abfallen des Geländes zusammen mit der Öffnung hin zum Reintal auch die Ostlagen zu entsprechenden Gunstlagen des Zugspitzplatts machen, da hier die beschattende Wirkung der Plattumrahmung am geringsten ist. Zusätzlich sind diese Lagen gegen aus westlicher Richtung kommende, kalte Winde (siehe Kapitel 7.1.2 f.) am wirkungsvollsten geschützt. Die Höhenverteilung der vorliegenden Aufnahmen reicht von 2060 m bis 2320 m, wobei ein eindeutiger Verbreitungsschwerpunkt in den unteren Lagen bis etwa 2150 m und somit in der unteren alpinen Höhenstufe auszumachen ist.

Im Gegensatz zu der in Kapitel 5.2.1 besprochenen *Rhododendron hirsutum*-*Dryas octopetala*-*Carex sempervirens* Gesellschaft tritt innerhalb der Aufnahmeflächen in Tab. 8 *Rhododendron hirsutum* stark zurück bzw. fehlt ganz, so dass diese Flächen trotz der Anwesenheit niedriger Chamaephyten durchweg den Aspekt einer Rasengesellschaft aufweisen. Allen gemein ist die Anwesenheit der Horstsegge (*Carex sempervirens*) aber auch der Polstersegge (*Carex firma*). Zudem kommen *Bistorta vivipara*, *Androsace chamaejasme* und *Campanula scheuchzeri* in allen Flächen vor. Weitere Arten mit einer Stetigkeit von $\geq 2/3$ aller Aufnahmeflächen sind *Veronica aphylla*, *Potentilla brauneana*, *Euphrasia salisburgensis*, *Festuca quadriflora*, *Sesleria albicans*, *Galium anisophyllum* und *Soldanella alpina*. Je nach Aufnahmezeitpunkt können die Blüten verschiedener Arten hoher, aber auch geringerer Stetigkeit aspektbestimmend für einzelne Flächen werden. Zu den Arten der ersten Gruppe zählen *Androsace chamaejasme* und *Campanula scheuchzeri*. Zur zweiten Gruppe sind

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Scabiosa lucida (Abb. 27), *Homogyne alpina* und gegen Ende der Vegetationsperiode *Gentianella aspera* zu rechnen.

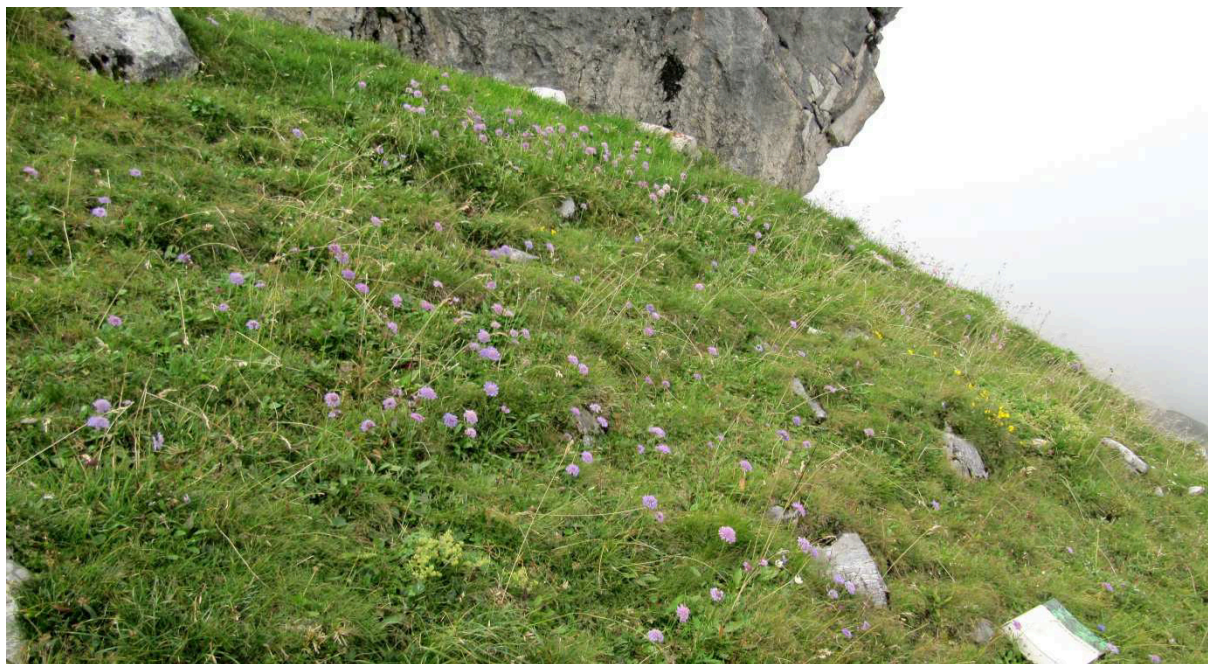


Abb. 27: Artenreicher Rasen mit aspektbestimmender *Scabiosa lucida* Ende August.
(Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Von den in den verschiedenen Systematiken erwähnten Assoziations-Charakterarten des Seslerio-Caricetum sempervirentis kommt lediglich die Orchidee *Nigritella nigra* (OBERDORFER 1974/1976a; EGGENSBERGER 1993) in einer Aufnahme (121) vor. Von den von GRABHERR et al. (1993) angeführten Trennarten kommen *Dryas octopetala*, *Daphne striata*, *Erica carnea* und *Polygala chamaebuxus* vor, alle jedoch mit Stetigkeitswerten unter 50%. Die Gesamtartenanzahl der Einzelaufnahmen variiert zwischen 49 (bei der in Abb. 27 dargestellten Aufnahme 88 handelt es sich um die artenreichste Vegetationsaufnahme, die auf dem gesamten Zugspitzplatt erhoben wurde) und lediglich 18 in den beiden am höchsten gelegenen Flächen.

Die Bodenentwicklung der Standorte aus Tab. 8 ist in der Regel soweit fortgeschritten, dass Skeletthumusböden oder Rendzinen anzutreffen sind. Die in Kapitel 4.5 angesprochenen Braunerden, deren Entstehung im Zusammenhang mit dem Einwehen von Material aus den Zentralalpen steht, leiten dann unter dem Einfluss von Beweidung mit einem sinkenden pH-Wert und der verstärkten Ansiedlung von Säurezeigern die Entwicklung hin zu anderen Rasengesellschaften ein.

Bezüglich der syntaxonomischen Einordnung dieser Aufnahmen scheint sich die These früherer Arbeiten zum Zugspitzplatt sowie unmittelbar benachbarter Gebiete (ZÖTTL 1950; WEBER 1981; CREDNER 1995) insoweit zu bestätigen, dass das Seslerio-Caricetum sempervirentis oder zumindest artenreiche Rasen auf dem Platt aufgrund allgemein ungünstiger Standortbedingungen lediglich auf wenigen, klimatisch besonders begünstigten Flächen fußzufassen vermögen. Hierbei stellt sich jedoch die Frage, ob bei den in Tab. 8

Die Vegetation des Zugspitzplatts

dargestellten Aufnahmen wirklich bereits von Blaugras-Horstseggen-Rasen gesprochen werden kann, oder ob es sich hierbei nur um reife Vertreter des *Caricetum firmae* (siehe Kapitel 5.3.1.1.2.1) handelt, welche lediglich Sukzessionstendenzen hin zu dieser Gesellschaft zeigen. Für eine Einordnung als zumindest an Arten verarmte Blaugras-Horstseggen-Rasen im Sinne von CREDNER (1995) spricht zumindest der, im Vergleich zu den in Kapitel 5.3.1.1.2.1 beschriebenen typischen Polsterseggen-Rasen des Zugspitzplatts, üppigere Gesamtaspekt dieser Flächen, der im Schnitt höhere Wuchs der Krautschicht sowie das konstante Vorkommen der namensgebenden *Carex sempervirens* und einiger anderer anspruchsvoller Arten wie *Daphne striata* und *Polygala chamaebuxus*, welche in anderen Rasenflächen kaum oder gar nicht vorkommen.

Gegen eine Einordnung als *Seslerio-Caricetum-sempervirentis* spricht das, bis auf eine Art in einer Aufnahme, vollkommene Fehlen eigentlicher Charakterarten dieser Gesellschaft. Auch das Vorhandensein einiger Trennarten gegenüber anderen Gesellschaften des Verbandes vermag eine Einordnung in die Blaugras-Horstseggen-Rasen nicht zu erleichtern, zumal einige dieser Arten wie beispielsweise die Silberwurz auch in den Polsterseggen-Rasen reichlich vorkommen. Für die alternative Einordnung als artenreiche Variante des *Caricetum firmae* spricht auch, dass *Androsace chamaejasme*, eine Hauptcharakterart des *Caricion firmae* (GRABHERR et al. 1993) zusammen mit der namensgebenden Polstersegge in allen Aufnahmen teilweise sehr deutlich vorhanden ist.

Abschließend bleibt festzustellen, dass die hier beschriebenen Rasen im unteren Abschnitt des Untersuchungsgebiets wie bereits angeführt nur relativ kleinflächig angetroffen werden konnten und bei weitem nicht in dem Ausmaß, wie Credner (1995) dies in ihrer der Arbeit beiliegenden Karte „Vegetationsgesellschaften auf dem Zugspitzplatt“ verzeichnet hat.

5.3.1.1.2 Verband *Caricion firmae* GAMS 1936

5.3.1.1.2.1 Assoziation *Caricetum firmae* Rübel 1911

Das *Caricetum firmae* (Polsterseggen-Rasen) ist die am weitesten verbreitete Rasengesellschaft auf dem Zugspitzplatt und gut für das Zugspitzgebiet und die umgebenden Gebiete des Wetterstein-, Karwendel- und Mieminger Gebirges belegt (ZÖTTL 1950; SÖYRINKI 1954; REHDER 1970; WEBER 1981; SAITNER & PFADENHAUER 1992; EGGENSBERGER 1993; CREDNER 1995). Sie ist eng mit den im vorangegangenen Kapitel diskutierten Rasen des *Seslerio-Caricetum-sempervirentis* verwandt, wobei unterschiedliche Meinungen hinsichtlich ihrer Einordnung auf Verbandsebene herrschen. OBERDORFER (1974/1976a) fasst sie mit den Blaugras-Horstseggen-Rasen im Verband des *Seslerion albicantis* zusammen, was in mehreren Arbeiten zur Region (EGGENBERGER 1993; CREDNER 1995; DÜRING & WIERER 1995; KUDERNATSCH 2007) so übernommen wird. Die neueren Systematiken von POTT (1995), GRABHERR et al. (1993) und RENNWALD (2000 Bearb.) ordnen sie dagegen dem Verband des *Caricion firmae* zu, was auch in der vorliegenden Arbeit befolgt wird.

Aufnahme	281	222	125	189	194	61	280	83	62	85	56	289	84	8	123	282	100	133	92	19	290	236	1	199	
Höhe	2276 SO	2320 SSW	2252 S	2310 SW	2068 O	2306 SSO	2274 OSO	2294 S	2295 S	2228 S	2208 W	2212 O	2293 SO	2292 SO	2194 SSO	2337 SSO	2163 SO	2376 SO	2439 SSO	2380 SO	2262 SO	2273 O	2292 SO	2222 O	
Exposition	21	25	8	8	15	40	15	10	40	10	10	4	15	22	2,5	8	0	2	30	3	5	2	8	0	
Neigung (°)	10	15	10	30	30	15	9	10	20	15	15	10	20	10	7	20	10	13	10	3	7	10	8	30	
Höhe Kra.	80	45	50	90	35	30	70	95	40	95	60	90	45	50	80	25	50	70	60	50	20	95	75	35	
Deck. Moos (%)	0,5	0,5	1	1	7,5	1	2	4	2	5	3	0,5	1	5	3	0,5	3	1	5	1	7,5	5	1	4	
Aufnahmefläche (m²)	16	9	12	10	8	15	9	10	k.A.	10	15	8	10	20	8	14	6	8,5	15	10	9	12	6	7	
VC/AC																									
Carex firma	4	2b	2a	5	2m	2b	4	4	3	3	3	3	3	2b	+	+	1	3	2b	2m	1	4	3	2m	
Festuca quadriflora	1	1	1	1	+	2m	2a	2m	2m	.	1	1	1	1	2a	2a	.	2a	1	2m	1	1	1	+	
Euphrasia salisburgensis	+	+	2m	+	1	.	.	2m	.	.	.	.	1	1	.	+	+	.	1	.	.	.	.	.
Helianthemum alpestre	+	r	1	+	.	+	+	1	2m	2m	1	r	r	1	1	r	+	1	.	.	.	.	.	.
Sedum atratum	+	+	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	+	.	.	.
Androsace chamaejasme	1	+	2m	+	+	2m	2m	2m	2m	2m	1	.	.	.	2m	1	.	.	.	.	.	1	.	.
Mnuaertia verna subsp. ger.	+	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	+	.	.	.	.	.
Saxifraga caesia	.	.	.	.	2m	2m	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana clusii	r	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	1	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Saxifraga moschata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.
Crepis jacquinii subsp. ker.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	2m	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DV/DA																									
Silene acaulis	.	+	.	.	r	.	.	r	.	.	+	.	1	.	+	1	r	r	r	2a	2m	+	+	+	
Ranunculus alpestris	1	1	2m	1	.	.	1	1	1	1	r	1	2m	1	1	1	1	2m	r	2m	2m	.	1	1	
Mnuaertia sedoides	+	+	+	r	.	1	.	r	1	.	.	.	.	.	+	.	+	r	1	1	.	r	.	.
Dryas octopetala	1	+	+	1	1	.	2m	.	2a	2a	3	1	+	.	.	.	.	1	.	.	.	1	2a	2m
dom./konst. Arten																									
Bistorta vivipara	2m	2m	2m	2m	1	2m	2m	2m	2m	2m	+														

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Tab. 9.2: Aufnahmen der Polsterseggen-Rasen auf dem Zugspitzplatt II.

Aufnahme	190	26	292	172	164	115	64	226	288	218	260	163	177	134	74	80	145		15	101	14	24	117	198
Höhe	2222	2233	2322	2414	2427	2212	2327	2356	2207	2398	2391	2519	2397	2395	2226	2477	2328		2319	2180	2296	2200	2220	2309
Exposition	NNO	SW	SO		O	SSO	SO	S	N	OSO	O	OSO	W	SSW	NNO	SO	NNW		SO	SO	OSO	NO	OSO	SO
Neigung (°)	5	3	8	0	1,5	30	7	0	1	5	15	5	7,5	7	2	10	5		20	60	37	20	2	25
Höhe Kra.	18	10	8	20	15	25	15	10	8	10	15	20	20	7	20	15	5		15	30	15	20	15	30
Deck. Kra. (%)	40	80	70	55	20	20	90	70	75	70	15	25	50	20	30	80	1		30	65	30	15	40	5
Deck. Moos (%)	2	5	0,5	10	2	3	20	5	5	0,5	4	0,5	0,5	0,5	3	0	1		5	1	15	1	5	3
Aufnahmefläche (m²)	10	10	9	10	12	15	7	6	4,5	6	14	13	10	9	9	4	9		20	12	10	30	10	9
VC/AC																								
Carex firma	2a	2a	3	3	2a	2a	2m	3	1	3	2a	2a	3	1	2a	2b	1		2b	3	2a	1	2m	2b
Festuca quadriflora	1	1	2a	1	1	r	2m	2a	.	+	+	1	+	.	.	.	.		1	2a	1	2m	+	+
Euphrasia salisburgensis	+	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2a	2m	1	+	2m	+
Helianthemum alpestre	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	+	+	.	.	.
Sedum atratum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	+	.	.
Androsace chamaejasme	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Minuartia verna subsp. ger.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	2m	+	.	1	.
Saxifraga caesia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	r	.	+	.	.
Gentiana clusii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Saxifraga moschata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.		.	.	.	1	2a	.
Crepis jacquinii subsp. ker.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	r	.	.	.	.
DV/DA																								
Silene acaulis	+	1	1	+	+	.	1	1	2b	+	+	+	+	+	1	1	.		.	.	.	.	r	.
Ranunculus alpestris	1	+	.	1	.	.	2m	1	.	+	+	+	.	r	1	r	r		.	.	.	.	.	.
Minuartia sedoides	.	.	.	1	+	.	1	+	1	r	+	r	+	+	+	+	r		.	.	.	.	.	.
Dryas octopetala	2m	1	2a	.	.	1	.	.	r	.	.	.	.	.	1	.	.		.	.	.	+	.	+
dom./konst. Arten																								
Bistorta vivipara	2m	1	1	1	1	2m	2m	.	2m	2m	2m	.	+	1	2m	2a	1		1	2m	.	2m	2m	1
Salix serpyllifolia	.	2a	+	2a	.	+	2a	.	2a	2a	1	+	1	1	.	+	1		1	1	.	2a	r	+
KC/OC																								
Veronica aphylla	+	1	.	+	+	.	2m	1	.	+	1	.	.	1	1	2m	+		1	1	1	+	+	+
Sesleria alpicans	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.		1	+	1	2m	2m	2m
Galium anisophyllum	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	2m	1	1	.	.
Gentiana verna	.	.	.	.	.	.	1	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.		r	.	.	.	.	.
Gentiana aspera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	1	r	.	.	.
Leontodon hispidus	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	+	.	.
Aster bellidiastrum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Biscutella laevigata	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	.	.	.
Gentiana nivalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Thymus praecox subsp. pol.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	r	r	.	.	.
Acinos alpinus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	r	.	.
Hieracium pilosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	r	.	.
DO																								
Carex capillaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Begleiter																								
Campanula scheuchzeri	+	1	+	r	.	.	2m	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.		+	1	2a	r	1	1
Salix retusa	1	.	.	.	.	r	.	+	+	.	+	2a	.	.	2a	.	.		.	.	+	1	r	.
Arabis bellidifolia	.	.	.	.	+	.	.	.	r	.	.	r	+	.	.	.	.		+	.	+	1	.	.
Potentilla brauneana	1	.	.	.	.	.	2b	1	2b	.	.	.	.	.	1	1	.		.	.	+	+	1	.
Homogyne alpina	2m	2a	+	.	.	.	2a	1	+	.	.	.	.	.	2m	.	.		.	.	1	+	.	1
Gnaphalium hoppeanum	.	.	.	.	.	.	2m	+	1	.	.	.	.	.	+	.	.		.	.	1	.	.	.
Petrocallis pyrenaica	.	.	.	r	+	.	.	.	1	.	+	.	r	.	+	.	.		.	.	1	r	.	.
Campanula cochlearifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1	.	.	.		.	.	1	.	.	.
Carex ornithopodioides	.	.	.	.	.	+	.	1	.	+	1	.	r	+	1	.	+		.	2m	1	.	1	.
Selaginella selaginoides	.	1	1	.	.	r	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	+		.	.	.	.	1	.
Taraxacum alpinum	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	r	.	.	.	.	+	.		.	.	.	.	.	+
Soldanella alpina	.	.	.	.	.	2m	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	1	.	.	.	.
Achillea atrata	.	.	.	.	.	.	r	r	r	.	.	.	.	r	1	.	r		.	.	+	.	.	.
Carex parviflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Festuca alpina	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	r	.		.	.	.	+	2m	.
Euphrasia minima	.	1	2m	.	.	.	2m	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Veronica alpina	.	1	1	.	.	.	2m	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Viola biflora	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	2m	+	.
Bartsia alpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	.	.	.
Asplenium viride	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	2m	.	.
Rhododendron hirsutum	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	r	1	+	.
Pinguicula alpina	r	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.		.	.	.	1	r	.
Primula auricula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.		.	.	1	.	.	.
Saxifraga oppositifolia	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Valeriana supina	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Agrostis alpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	1	.	1	2a	.
Festuca rupicaprina	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.		.	2m	.	.	1	.
Ligusticum mutellina	.	.	.	.	.	.	.	1	2m	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	.	.	.
Saxifraga androsacea	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
Potentilla aurea	.	1	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Ranunculus montanus	.	.	.	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
Draba aizoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.		.	.	.	.	.	1
Cerastium fontanum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Silene vulgaris subsp. alp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Cirsium spinosissimum	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	r	.	.	.	.
Sagina saginoides	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Myosotis alpestris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	1	.
Sibbaldia procumbens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Botrychium lunaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Vaccinium gaultherioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	.
Draba tomentosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Salix glabra	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Polystichum lonchitis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Leontodon incanus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Leontodon helveticus	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Crepis aurea	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Saxifraga aizoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Salix waldsteiniana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	+	.	.
Saxifraga paniculata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Valeriana saxatilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Carex sempervirens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Erica carnea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	r	.	.	.	.
Arabis ciliata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
Thlaspietetea (ausgew.)																								
Leontodon montanus	.	1	.	1	1	.	.	1	+	1	.	+	1	.	.	1	1		1	.	1	.	r	r
Poa alpina	.	.	.	.	.	.	2a	+	.	.	.	.	.	.	.	2a	.		.	.	.	1	.	.
Moehring																								

Tab. 9.3: Aufnahmen der Polsterseggen-Rasen auf dem Zugspitzplatt III.

Aufnahme	285	149	132	118	162	171	283		161	173	148	178	284	146	116	22		28	169	257	96	79
Höhe	2383	2368	2359	2172	2547	2393	2338		2429	2410	2362	2418	2381	2340	2186	2380		2295	2392	2403	2437	2487
Exposition	S	S	S	NNO	SO	W	SSO		O	SSW	SSW	O	S	OSO	SO	SSW		NNO	SO	SO	SSO	SO
Neigung (°)	7,5	7,5	6	1	10	20	21		40	10	3	0	8	7,5	5	13		15	0	15	5	10
Höhe Kra.	10	10	7	15	20	20	8		20	20	10	0	8	15	12	10		10	5	10	20	10
Deck. Kra. (%)	35	40	15	7	40	20	7,5		25	30	15	70	20	30	8	20		10	20	10	20	5
Deck. Moos (%)	.	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0	2	0,5	0,5	0,5	0,5	2	1		0	1	0,5	0,5	0,5
Aufnahmefläche (m²)	16	9	9	6	5	5	16		12	12	9	8	14	9	12	30		20	k.A.	10	15	k.A.
VC/AC																						
Carex firma	3	2a	1	2a	2b	2a	1		2a	2a	1	3	2a	2a	2a	2a		1	2m	+	1	1
Festuca quadriflora	+	1	.	.	1	1	.		.	1	+	1	1	+	.	.		.	.	.	.	.
Euphrasia salisburgensis	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	.	.	r	.		.	.	.	.	.
Helianthemum alpestre	.	.	.	r	.	.	.		1	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Sedum atratum	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		r	1	r	+	.
Androsace chamaejasme	.	.	.	.	.	.	1		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Minuartia verna subsp. ger.	r	.	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		+	r	1	.	.
Saxifraga caesia	.	.	.	r	.	.	.		1	r	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Gentiana clusii	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Saxifraga moschata	.	.	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	r		r	.	.	.	.
Crepis jacquinii subsp. ker.	.	1	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
DV/DA																						
Silene acaulis	.	r	.	.	+	+	.		.	.	r	+	.	.	.	.		1	+	2a	2a	1
Ranunculus alpestris	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	1	2m	.
Minuartia sedoides	.	.	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	+		1	r	1	1	.
Dryas octopetala	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
dom./konst. Arten																						
Bistorta vivipara	+	1	+	1	+	1	.		+	1	1	1	1	+	.	.		.	.	+	+	.
Salix serpillifolia	1	1	1	.	.	.	.		+	2a	1	+	2a	1	1	2m		.	.	.	r	r
KC/OC																						
Veronica aphylla	.	+	.	.	+	1	+		.	.	.	.	.	.	.	.		+	1	.	.	.
Sesleria albicans	.	.	.	.	+	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Galium anisophyllum	.	+	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Gentiana verna	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Gentianella aspera	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Leontodon hispidus	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Aster bellidiastrum	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Biscutella laevigata	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Gentiana nivalis	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Thymus praecox subsp. pol.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Acinos alpinus	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Hieracium pilosum	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
DO																						
Carex capillaris	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Begleiter																						
Campanula scheuchzeri	.	1	+	.	.	+	.		.	.	.	.	.	.	.	+		+	.	.	.	.
Salix retusa	.	.	.	.	2a	.	.		.	.	.	+	.	.	.	.		+	.	.	.	r
Arabis bellidifolia	r	r	.	r	.	.	.		.	.	.	.	+	r	r	.		1	.	1	2m	.
Potentilla brauneana	.	.	.	.	.	.	1		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Homogyne alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Gnaphalium hoppeanum	.	.	.	.	.	.	1		.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	.
Petrocallis pyrenaica	.	.	r	.	r	+	.		.	r	.	.	+	.	.	+		.	.	.	1	+
Campanula cochleariifolia	.	+	.	.	1	1	.		.	.	1	.	.	r	.	+		1	.	.	1	+
Carex ornithopodioides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	+	.	+
Selaginella selaginoides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Taraxacum alpinum	.	.	.	.	.	.	+		.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	.	r	.
Soldanella alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.
Achillea atrata	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	+	.	.
Carex parviflora	.	.	.	.	.	.	2m		.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	+	.	.
Festuca alpina	+	.	.	1	.	+	.		.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	+	.	.
Euphrasia minima	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	r	.
Veronica alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Viola biflora	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Bartsia alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Asplenium viride	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Rhododendron hirsutum	.	.	.	.	.	.	r		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Pinguicula alpina	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Primula auricula	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Saxifraga oppositifolia	.	.	.	.	+	r	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Valeriana supina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Agrostis alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Festuca rupicaprina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Ligusticum mutellina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	1
Saxifraga androsacea	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Potentilla aurea	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	.
Ranunculus montanus	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Draba aizoides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Cerastium fontanum	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Silene vulgaris subsp. alp.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Cirsium spinosissimum	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		r	.	.	.	.
Sagina saginoides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Myosotis alpestris	.	.	.	.	.	.	1		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Sibbaldia procumbens	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Botrychium lunaria	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Vaccinium gaultherioides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Draba tomentosa	.	.	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Salix glabra	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	r	.
Polystichum lonchitis	.	.	.	.	.	.	r		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Leontodon incanus	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		r	.	.	.	.
Leontodon helveticus	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Crepis aurea	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Saxifraga aizoides	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Salix waldsteiniana	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Saxifraga paniculata	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Valeriana saxatilis	r	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Carex sempervirens	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Erica carnea	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Arabis ciliata	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Thlaspietetea (ausgew.)																						
Leontodon montanus	+	.	1	.	.	1	1		.	1	+	1	1	1	.	1		+	.	.	+	1
Poa alpina	.	.	.	.	.	.	+		.	.	.	.	.	.	.	.		1	2m	.	.	+
Moehringia ciliata	.	.	.	.	r	r	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	+	.	1	+
Pritzelago alpina	.	.	.	r	.	+	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	+
Poa minor	1	.	r	.	.	.	1		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	2m	.
Thlaspi rotundifolium	.	.	.	.	.	.	1		.	r	.	.	.	.	.	.		+	r	+	1	.
Saxifraga aphylla	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	+	1	r
Arabis caerulea	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Crepis tergiouensis	r	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		+	1	.	.	.
Cerastium latifolium	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	+	1	+
Saxifraga stellaris	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Arabis alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Linaria alpina	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

In den 67 Aufnahmen der Tabellen 9.1-9.3 sind auf dem Zugspitzplatt aufgenommene Polsterseggen-Rasen sowie eine, verstärkt Elemente der *Thlaspietea rotundifolia* enthaltende, als Übergangsgesellschaft definierte Variante der Gesellschaft (s.u.), dargestellt. Aufgrund der unklaren Zuordnung bezüglich der Verbandszugehörigkeit sind die Charakterarten auf Assoziations- und Verbandsebene (*Caricion firmae*) zusammengefasst.

Das Höhenspektrum dieser Aufnahmen reicht von 2163 m bis 2547 m. Hierzu ist jedoch übereinstimmend mit RÖSLER (1997) anzumerken, dass die allgemeine Verbreitungsgrenze dieser Gesellschaft auf dem Platt bei etwa 2400 m erreicht wird. Nur noch initiale, bzw. an Arten stark verarmte Stadien vermögen kleinräumig höher zu steigen. Eine Ausnahme hiervon bildet das südwestliche Platt unterhalb des Wetterwandecks. Hier kommen aktuell auf über 2500 m, räumlich von den tieferen Vorkommen isoliert, größere von durchaus gut entwickelten Polsterseggen-Rasen bestandene Flächen vor. Begründet ist dies in der besonderen geländeklimatischen Gunst dieses Abschnitts des Untersuchungsgebiets. In den Kapiteln 7.1.2 f. wird auf diese Gunstfaktoren vertiefend eingegangen.

Das Erscheinungsbild (Abb. 28) der Polsterseggen-Rasen des Zugspitzplatts reicht von getrepten Formationen auf Schutt über geschlossene, dichte Bestände bis hin zu Vorkommen direkt auf dem anstehenden Kalkstein, sog. „Karst-Firmeten“ (REISIGL & KELLER 1987).



Abb. 28: Verschiedene Wuchsformen des *Caricetum firmae*. Im Vordergrund als dichter geschlossener Rasen, rechts oben aufgelockert auf Gesteinsschutt sowie links oben direkt auf dem anstehenden Wettersteinkalk als „Karst-Firmetum“. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

Nach REISIGL & KELLER (1987) spielt die Polstersegge in der idealtypischen Sukzession von den Felsschuttgesellschaften der *Thlaspietea rotundifolia* hin zu den Rasengesellschaften der alpinen Zone eine wichtige Rolle als die erste Gras-Art, welche sich auf vorher durch Spaliersträucher (z.B. *Dryas octopetala* und *Salix serpyllifolia*) fixierten Schutt zu etablieren vermag. Dieses frühe Stadium der Assoziation wird von den genannten Autoren als „Dryadeto-Firmetum“ angesprochen. Dieses entwickelt sich im Regelfall zum optimal

Die Vegetation des Zugspitzplatts

ausgebildeten „*Caricetum firmae typicum*“ weiter (die Schwierigkeit einer solchen Benennung wird später nochmals aufgegriffen). Bleiben die Bedingungen günstig, so kommt es im weiteren Sukzessionsverlauf schließlich zur Ansiedelung anspruchsvollerer Gräser wie z.B. *Festuca quadriflora*, die als Humusbildner wiederum eine Weiterentwicklung der für die Polsterseggen-Rasen normalerweise typischen Pechrendzinen (Abb. 29) hin zu Böden mit mächtigeren Humus-Horizonten einleitet. Dies entzieht der Polstersegge schließlich den notwendigen Kontakt zum kalkhaltigen Substrat und führt in der weiteren Sukzession schließlich zur Etablierung anspruchsvollerer Rasengesellschaften wie etwa das in Kapitel 5.3.1.1.1.1 besprochene *Seslerio-Caricetum sempervirentis*.



Abb. 29: *Caricetum firmae* auf Kalkschutt mit Pechrendzina als Bodentyp. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

Bezüglich der typologischen Zuordnung, Beschreibung und Untergliederung der auf dem Zugspitzplatt aufgenommenen Polsterseggen-Rasen (Tab. 9.1-3) erscheint die Betrachtung der beiden abiotischen Standortfaktoren Höhenlage und Exposition sinnvoll. Zusätzlich liefern die Werte zur Artenanzahl bzw. die Deckungswerte der Krautschicht der jeweiligen Flächen wichtige Informationen zur räumlich- differenzierten Gliederung des *Caricetum firmae* (Abb. 30; 31). Die im folgenden Text angegebenen Aufnahmeummern beziehen sich hierbei stets auf Tab. 9.1-3.

Erwartungsgemäß kommt es zu einer Abnahme der mittleren Artenanzahl der Polsterseggen-Rasen mit zunehmender Höhe. Dennoch gibt es auch unterhalb von 2300 m artenarme Polsterseggen-Rasen mit unter 15, teilweise sogar unter 10 aufgenommenen Arten (Aufnahme 116 mit nur vier Arten im Bereich der Schutthalden des südöstlichen Bergsturzgebiets). Erwähnenswert hierbei ist, dass die geringsten Werte bei der mittleren Artenanzahl bei knapp 2400 m erreicht werden und diese danach bei den höchstgelegenen Aufnahmeflächen nochmals leicht ansteigen. Dies liegt teilweise am verstärkten Aufkommen von Arten der *Thlaspietea* (Aufnahme 96) im Übergang zu den subnivalen

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Pioniergesellschaften, teilweise aber auch an der bereits angesprochenen klimatischen Gunst des südwestlichen Platts.

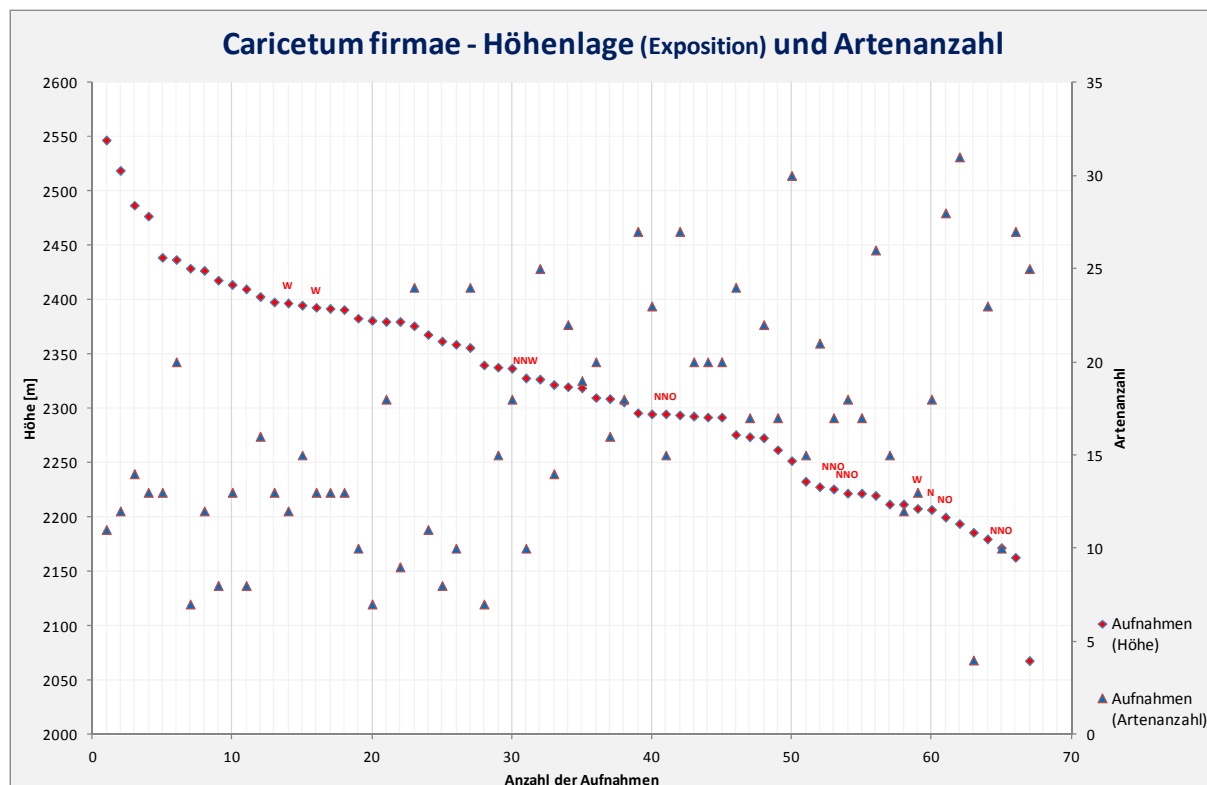


Abb. 30: Die Aufnahmen den *Caricetum firmae* aus Tab. 9.1-3 mit zugehöriger Höhenlage und Artenanzahl. Zusätzlich vermerkt wurden W-ONO Expositionen.

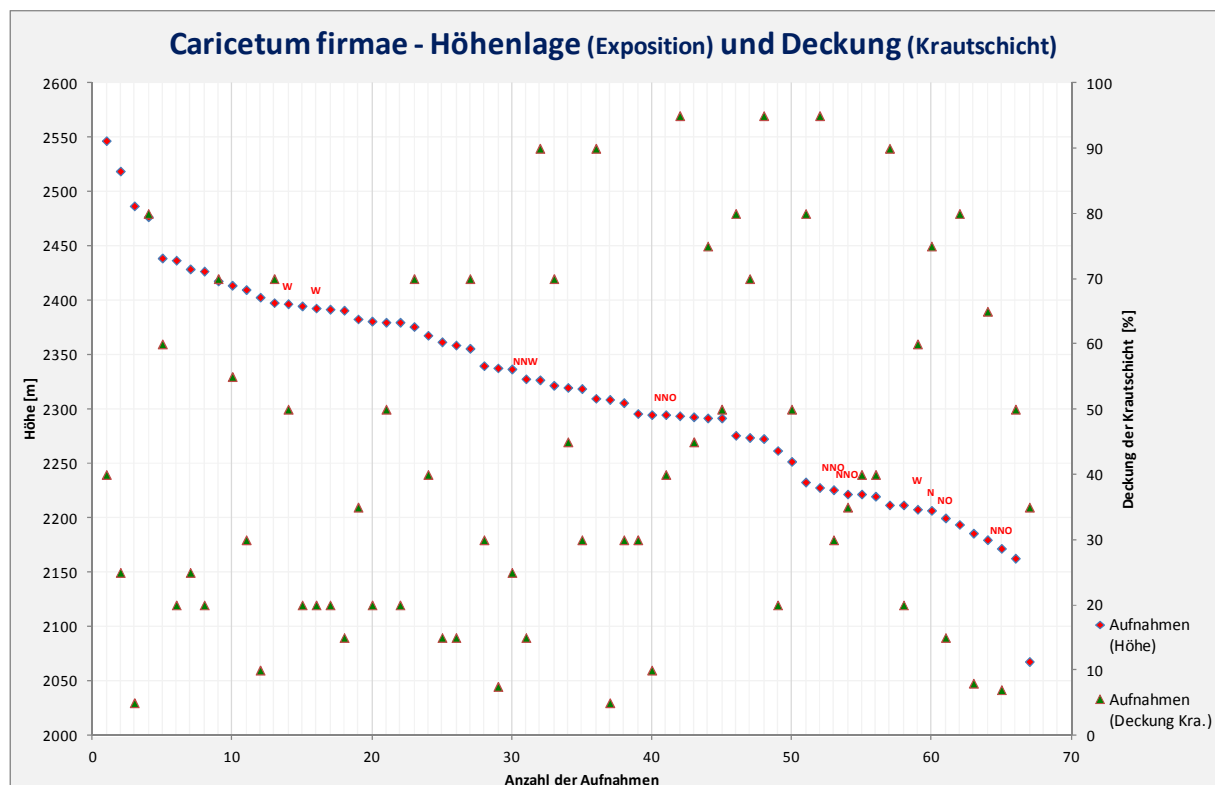


Abb. 31: Die Aufnahmen den *Caricetum firmae* aus Tab. 9.1-3 mit zugehöriger Höhenlage und Deckungswerte der Krautschicht. Zusätzlich vermerkt wurden W-ONO Expositionen.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Eine Analyse der Deckungswerte der Krautschicht dieser Aufnahmen (Abb. 31) zeigt ebenfalls einen abnehmenden Trend der mittleren Deckung mit zunehmender Höhenlage der Aufnahme­flächen. Auch hier fällt der geringe Wert einiger tiefegelegener Aufnahmen (116; 118) ins Auge. Eine sichtbare Begünstigung der höchsten Aufnahme­flächen unter dem Wetterwandeck gegenüber der allgemeinen Rasengrenze ist hier jedoch weniger stark ausgeprägt. Deutlich ist schließlich der große Streuungsbereich bei den Deckungswerten in allen Höhenbereichen zu erkennen, wobei diese Werte unterhalb von 2300 m nochmals zunehmen. Dies liegt in der bereits angesprochenen weiten Standortamplitude des *Caricetum firmae* begründet. Aufgrund mit abnehmender Höhe immer besser werdender klimatischer Wachstumsbedingungen sind gleichzeitig an optimalen Standorten immer höhere Deckungswerte möglich. Gleichzeitig werden aber auch ungünstigere Flächen weiter von der Assoziation mit entsprechend aufgelockerter Krautschicht besiedelt.

Betrachtet man die Exposition der Aufnahmen aus Tab 9.1-3, so ist eine Untergliederung in klimatisch begünstigende sowie eher benachteiligende Expositionen sinnvoll. Wie in den Kapiteln 7.1.2 f. dargelegt, ist aufgrund der Geländeform des Zugspitzplatts neben der südlichen eine östliche Exposition noch als begünstigend einzustufen. Gleichzeitig sind aufgrund der vermehrten Beschattung, resultierend aus der allgemeinen Neigung des Geländes westliche zusammen mit nördlichen Expositionen als für einen Standort nachteilig zu erachten. So weisen über 54 der Aufnahme­flächen eine günstige Exposition (O-WSW) auf, 10 Flächen eine ungünstige (W-ONO) und 3 Flächen sind eben. Ein solcher Expositionsunterschied manifestiert sich im Gelände häufig durch einen deutlich sichtbaren Wechsel der Polsterseggen-Rasen, der vor allem den Deckungsgrad der Krautschicht, aber auch die mittlere Artenanzahl betrifft (Abb. 32; Tab. 10). Deutlich wird in dieser Tabelle ersichtlich, dass eine ungünstige Exposition zu einer gegenüber den begünstigten Flächen im Mittel deutlich geringeren Deckung der Krautschicht sowie auch einer reduzierten Artenanzahl führt.



Abb. 32: Deutlicher, expositionsbedingter (SO-NW) Unterschied des Deckungsgrads eines Polsterseggen-Rasens auf dem mittleren Zugspitzplatt auf ca. 2200 m oberhalb des Plattsteigs. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Tab. 10: Vergleich von aufgrund ihrer Exposition begünstigter mit benachteiligten Polsterseggen-Rasen. Bedingt durch die wesentlich größere Anzahl günstig exponierter Flächen wurden hierfür nur die im Vergleich zu den 10 ungünstig exponierten Aufnahmeflächen jeweils nächsthöheren Flächen berücksichtigt, so dass diese Stichprobe ebenfalls 10 Flächen umfasst.

Exposition	mittl. Artenanzahl	mittl. Deckung Kra.
W-ONO	15.4	34.7
O-WSW	18.1	51.5

Dieser expositionsbedingte Unterschied von Polsterseggen-Rasen gleicher Höhe bedeutet jedoch nicht, dass diese Flächen einen besonderen Typus innerhalb der Assoziation auf dem Zugspitzplatt bilden. Die Lage der 10 ungünstig exponierten Flächen innerhalb des Streudiagramms einer auf Basis der Kenn- und Trennarten aller 67 Aufnahmeflächen gerechneten DCA (Abb. 33) zeigt keinerlei Gruppierung dieser Aufnahmen. Auch die aufgrund von Stetigkeits- und Artmächtigkeitswerten gruppierten Tabellen 9.1-3 lassen eine Einteilung dieser Flächen als gesonderte Gruppe nicht zu. Somit ist folgender Schluss zulässig, dass eine ungünstige Exposition dazu führt, dass das betroffene *Caricetum firmae* zwar schlechter entwickelt ist als entsprechende Rasen in einer gleichen Höhenlage. Dies führt aber nicht zu einem besonderen Gesellschaftstypus oder gar einer eigenen Subassoziation. Es liegt vielmehr lediglich eine Depression der vertikalen Verbreitzungszone der Polsterseggen-Rasen solch benachteiligter Lagen gegenüber den begünstigten vor, so dass unterschiedliche Entwicklungsstadien der Gesellschaft je nach Exposition in unterschiedlicher Höhe erreicht werden.

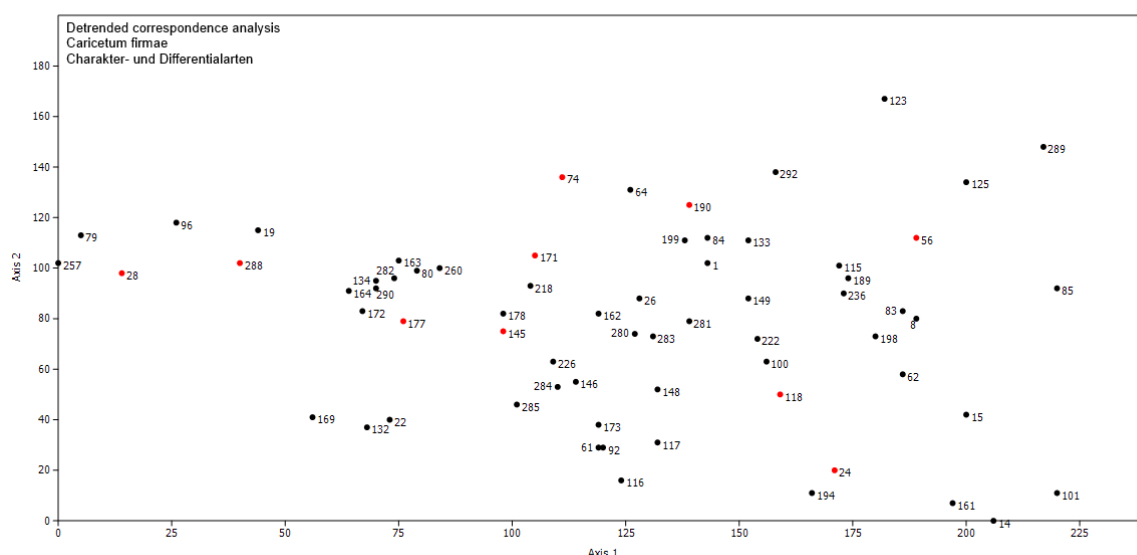


Abb. 33: Streudiagramm einer DCA der Charakter- und Differentialarten der 67 Aufnahmeflächen aus Tab. 9.1-3. Die Flächen mit W-ONO-Exposition sind rot markiert.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Neben einer solch rein vertikalen und expositionsorientierten Gliederung der Gesellschaft darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass eine solche immer nur im Querschnitt aller Aufnahmen einer Höhenlage erkennbar ist. Bei einer Auswertung und Gruppierung der jeweiligen Einzelaufnahmen kommen stets noch individuell differenzierende weitere Standortparameter wie etwa das Ausgangssubstrat oder der mechanische Störungseinfluss hinzu. Unter dieser Prämisse eines individuellen Vergleichs lassen sich die in Tab. 9.1-3 abgebildeten Vegetationsaufnahmen vier verschiedenen Gruppen zuordnen. Diese vier Gruppen umfassen für das Zugspitzplatt typische Polsterseggen-Rasen-Gesellschaften geordnet jeweils nach abnehmender Anzahl und Artmächtigkeit der Kennarten auf Assoziations- bzw. Verbandsebene.

Mit der geringsten Stetigkeit sind unter diesen Arten *Crepis jacquinii*, *Gentiana clusii* und *Saxifraga caesia* in den Aufnahmen vertreten. Die ersten beiden Arten kommen nur in Aufnahmen unterhalb von 2400 m vor, lediglich *Saxifraga caesia* wurde oberhalb dieser Höhenlinie in einer Aufnahme sehr schwach erfasst. *Sedum atratum* und *Minuartia verna* kommen ebenfalls mit geringer Stetigkeit vor, allerdings sind diese Vorkommen auf alle Höhenlagen verteilt. *Helianthemum alpestre* und *Euphrasia salisburgensis* kommen besonders in den Aufnahmen der ersten Gruppe recht häufig vor und sind ebenfalls nur in einer bzw. zwei Aufnahmen oberhalb von 2400 m vertreten. Neben der namensgebenden *Carex firma*, die in allen Aufnahmen vorhanden ist, kommt schließlich *Festuca quadriflora* mit der größten Stetigkeit aller Charakterarten in allen Höhenlagen vor und fehlt lediglich in Gruppe 4 (Aufnahmen 28-79). Mit einer Stetigkeit von $\geq 2/3$ der Aufnahmen kommt die auch in anderen Rasengesellschaften sehr häufige *Bistorta vivipara* sowie *Salix serpyllifolia* vor. Mit Stetigkeitswerten $< 2/3$, aber ebenfalls in allen Gruppen und auch Höhenlagen vorkommend sind noch *Campanula scheuchzeri* sowie eine weitere Weide, *Salix retusa* am Aufbau der Polsterseggen-Rasen recht häufig beteiligt.

In der größten Gruppe (Aufnahmen 281-145) in Tab. 9.1-2 wurden nun jene Polsterseggen-Rasen des Untersuchungsgebiets zusammengefasst, die ein Arteninventar von ≥ 10 aufweisen sowie zwei oder mehr der von GRABHERR et al. (1993) angegebenen Trennarten auf Assoziations- bzw. Verbandsebene enthalten. Diese Aufnahmen stellen die am weitesten verbreitete Ausbildung dieser Gesellschaft auf dem Zugspitzplatt dar. Tiefergelegene Rasen mit geringerer Neigung sind gemäß den beschriebenen Eigenschaften dieser Gesellschaft artenreicher als höhergelegene, stärker geneigte (und somit bei Schuttflächen tendenziell aktivere) Flächen.

In diesem Zusammenhang konnte die von CREDNER (1995) berichtete Beobachtung grundsätzlich bestätigt werden, dass *Dryas octopetala* in höhergelegenen Polsterseggen-Rasen fehlt und die in der Literatur (REISIGL & KELLER 1987) beschriebene, schuttstauende und damit die Sukzession zum Caricetum firmae einleitende Funktion dieser Art von anderen Arten wie den in den Polsterseggen-Rasen des Untersuchungsgebiets häufig vertretenen Spalierweiden *Salix retusa* und *Salix serpyllifolia* übernommen wird. Allerdings muss der von der Autorin für den höchsten Fund dieser Art angegebene Wert (2150 m) deutlich nach oben

Die Vegetation des Zugspitzplatts

korrigiert werden. Die Silberwurz kommt aktuell bis deutlich über 2300 m (höchster Fund 2398 m) regelmäßig in dieser Gesellschaft vor. Weiter konnte auch die von EGGENSBERGER (1993) für die Ammergauer Alpen in Bezug auf *Dryas octopetala* berichtete Tatsache bestätigt werden, wonach sich das Vorkommen dieser Art nicht auf das Caricetum firmae im initialen Stadium beschränkt. Genauso wie in der Nachbarregion kommt die Art innerhalb der Assoziation sowohl in initialen Pionierstadien über gut entwickelte Polsterseggen-Rasen bis hin zu reifen Stadien der Gesellschaft vor, die bereits Entwicklungstendenzen hin zu anderen Rasengesellschaften zeigen (Tab.12). Es wird in Bezug auf *Dryas octopetala* für das Zugspitzgebiet die Ansicht EGGENSBERGERS geteilt, wonach die bereits angesprochene, für andere Gebiete der Alpen (AICHINGER 1933) aber auch in Arbeiten zur Region (WEBER 1981) angewandte Unterteilung des Caricetum firmae in eine *Dryas octopetala*-Subassoziation bzw. Fazies wie auch in diesem Zusammenhang verwendete Begriffe („Dryadeto-Firmetum“, etc.) teilweise problematisch erscheinen.

Die zweite Gruppe (Tab. 9.1-2, Aufnahmen 15-283) fasst bei ansonsten ähnlichen Eigenschaften eine an Differentialarten weitgehend verarmte (maximal eine Art, schwach bis sehr schwach vorkommend), jedoch insgesamt noch recht artenreiche (≥ 10) Gruppe von Polsterseggen-Rasen zusammen. Insgesamt ist auch hier die Tendenz einer Zunahme des allgemeinen Artenreichtums mit geringer werdender Höhenlage zu beobachten. Ausnahmen wie die artenarme Aufnahme 118 (10 Arten, 7% Deckung) und die im Vergleich dazu besser ausgebildete Fläche 162 (13 Arten, 40% Deckung), bei der es sich um das höchste im Untersuchungsgebiet pflanzensoziologisch erfasste Caricetum firmae handelt, zeigen jedoch, dass auch hier jenseits der Mittelwerte die Standortheterogenität zu einer großen Varianz einzelner Aufnahmen führt.

Die dritte Gruppe (Tab. 9.3, Aufnahmen 161-22) beinhaltet die artenärmsten Polsterseggen-Rasen (≤ 10 Arten) des Zugspitzplatts. Während Differentialarten hier nochmals seltener anzutreffen sind (lediglich jeweils eine schwach bis sehr schwach vorkommende Art in drei Aufnahmen) fehlen in allen Aufnahmen dieser Gruppe sämtliche Klassen- bzw. Ordnungscharakterarten komplett. Neben *Carex firma* ist nur der Pionier *Salix serpyllifolia* in sämtlichen Aufnahmen vorhanden. Dies unterstreicht den Eindruck einer stark an Arten verarmten Dauerausbildung der Assoziation auf potentiell ungünstigen Standorten. Weiter wird dies bekräftigt in der, mit Ausnahme des an ruhenden Schutt gebundenen *Leontodon montanus*, weitgehenden Abwesenheit von Vertretern des Thlaspietea rotundifolii in dieser Gruppe. Mit Ausnahme der artenärmsten Aufnahme 116, welche jedoch auf dem südöstlichen Bergsturzgelände, stark durch die Plattumrahmung beschattet, standortbedingt benachteiligt ist, konnte diese artenarme Form der Gesellschaft nur in der oberen Hälfte des Untersuchungsgebiets angetroffen werden.

Den wesentlich stärkeren Charakter einer Übergangsgesellschaft hin zu den Schutt- und Schneetälchengesellschaften zeigt schließlich die in der vierten Gruppe (Tab. 9.3, Aufnahmen 28-79) zusammengefasste Varietät. In den mit Ausnahme der ungünstig exponierten Aufnahme 28 am oberen Verbreitungsrand der Gesellschaft gelegenen

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Aufnahmen kommen sowohl Kenn- und Trennarten des Caricion/Caricetum firmæ als auch jeweils mindestens 5 Vertreter der Thlaspietea rotundifolii vor. Bei den Vertretern der Polsterseggen-Rasen fehlen dabei die Vertreter (*Gentiana clusii*, *Helianthemum alpestre*, *Dryas octopetala*), die einen Verbreitungsschwerpunkt in tiefergelegenen Vorkommen der Assoziation haben. Ebenso fehlen bis auf *Veronica aphylla* alle Klassen- und Ordnungskennarten. CREDNER (1995) beschreibt eine Fläche mit ähnlichem Arteninventar wie die Aufnahmen der vierten Gruppe in 2460 m als Initialstadium des Polsterseggen-Rasens. Hierzu ist anzumerken, dass auf solchen Flächen im Übergangsbereich zu den überwiegend subnival geprägten Schutt- und Schneetälchengesellschaften (siehe Kapitel 5.5 ff.) zumindest mittelfristig aufgrund der klimatisch und geomorphologisch limitierenden Faktoren kein Verdrängen der Arten der Thlaspietea rotundifolii wahrscheinlich erscheint. Dies wäre aber notwendig, um eine weitere Sukzession zum eigentlichen Caricetum firmæ durchlaufen zu können und somit erscheint der Begriff Initialstadium im Sinne einer solchen Sukzession (DIERSCHKE 1994) problematisch. Passender sollte dagegen hier die Bezeichnung einer dauerhaft ausgebildeten Variante des Polsterseggen-Rasens mit deutlichen Elementen der Thlaspietea rotundifolii Verwendung finden.

Abschließend bleibt in Frage zu stellen, ob auf dem Zugspitzplatt innerhalb der alpinen Zone aktuell überhaupt eine nennenswerte Sukzession von offenen Schuttflächen hin zum Caricetum firmæ stattfindet. Nachdem aufgrund tendenziell eher ungünstiger Standortbedingungen eine gesellschaftliche Weiterentwicklung auch der Flächen aus der dritten Gruppe nur im begrenzten Maße wahrscheinlich erscheint und die alpine Zone bereits großflächig an den dafür geeignet erscheinenden Standorten von gut entwickelten Polsterseggen-Rasen besiedelt ist, bei einem gleichzeitigen weitgehenden Fehlen von Flächen mit initialem Charakter, ist diese Frage großflächig eher zu verneinen. Dies schließt eine solche, tatsächlich ablaufende Sukzession aber nicht kleinräumig, etwa im Zusammenhang mit durch Felsstürze vegetationslos werdendem Gelände, oder kleinräumig nachlassender Schuttdynamik aus (Tab. 11). Zudem schließt es auch eine langfristige Entwicklung, besonders ein Höhersteigen dieser Assoziation im Zuge klimatischer Veränderungen nicht aus.

Die in Tab. 11 dargestellte Aufnahme 103 unterscheidet sich insofern von den Aufnahmen der dritten und vierten Gruppe aus Tab. 9.3, als dass sie sich im oberen Brunntal innerhalb der Zone der gut entwickelten Polsterseggen-Rasen befindet, welche in der näheren Umgebung auch großflächig ausgebildet sind. Aufgrund ihrer Lage scheint diese Fläche, welche einen Ausschnitt einer aktuell inaktiven Schuttfläche mit initialer Humusakkumulation umfasst, trotz nordöstlicher Exposition durch die Hänge des Tals sowie die oberhalb anschließenden Moränenzüge gegen Witterungseinflüsse besonders aus Nordwest gut geschützt. In der für diese Höhenlage sehr artenreichen Aufnahme (36 erfasste Arten!) sind jeweils mehrere Kennarten sowohl des Seslerion albicantis bzw. Caricion firmæ als auch der Thlaspietea rotundifolii vorhanden. Bei der letztgenannten Klasse dominiert *Leontodon montanus* gegenüber dem schwächer vertretenen *Thlaspi*

Die Vegetation des Zugspitzplatts

rotundifolium. Gleichzeitig sind die schuttfixierende Spalierweide *Salix retusa* sowie *Carex firma* und *Festuca quadriflora* bereits vorhanden. Mit *Sesleria albicans*, *Thymus praecox*, *Bistorta vivipara*, *Campanula scheuchzeri*, *Veronica aphylla*, *Galium anisophyllum* und anderen kommen bereits typische Begleiter der Polsterseggen-Rasen des Zugspitzplatts vor.

Tab. 11: Vegetationsaufnahme aus dem oberen Brunntal. Dies ist die einzige Aufnahme, die eine voranschreitende Sukzession von den Schuttgesellschaften hin zum Caricetum firmae erkennen lässt.

Aufnahme	103		
Höhe	2224		
Exposition	NO		
Neigung (°)	25		
Höhe Kra.	15		
Deck. Kra. (%)	15	Thlaspietea (ausgew.)	
Deck. Moos (%)	0,5	<i>Poa alpina</i>	2m
Aufnahmefläche (m²)	15	<i>Leontodon montanus</i>	2m
		<i>Poa minor</i>	1
VC/AC		<i>Moehringia ciliata</i>	1
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	1	<i>Thlaspi rotundifolium</i>	1
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	1	<i>Valeriana supina</i>	1
<i>Carex firma</i>	+	<i>Pritzelago alpina</i>	+
<i>Festuca quadriflora</i>	+	<i>Linaria alpina</i>	r
<i>Sedum atratum</i>	+	<i>Saxifraga stellaris</i>	r
<i>Saxifraga moschata</i>	+		
DV/DA		Begleiter	
<i>Ranunculus alpestris</i>	+	<i>Viola biflora</i>	2m
<i>Minuartia sedoides</i>	+	<i>Potentilla brauneana</i>	1
<i>Silene acaulis</i>	r	<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	1
		<i>Carex ornithopodioides</i>	1
dom./konst. Arten		<i>Agrostis alpina</i>	1
<i>Bistorta vivipara</i>	1	<i>Campanula cochlearifolia</i>	1
<i>Campanula scheuchzeri</i>	1	<i>Arabis bellidifolia</i>	1
<i>Veronica aphylla</i> KC/OC	1	<i>Achillea atrata</i>	+
<i>Galium anisophyllum</i> KC/OC	1	<i>Veronica alpina</i>	+
<i>Sesleria albicans</i> KC/OC	+	<i>Salix retusa</i>	r
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>pol.</i> KC/OC	+	<i>Myosotis alpestris</i>	r
		<i>Taraxacum alpinum</i>	r

Die abschließende Deutung des beschriebenen Arteninventars im Zusammenhang mit der gegebenen Standortbeschreibung lässt hier eine progressive Sukzession erkennen, bei der aktuell die Pioniergesellschaft des *Leontodontetum montani* (siehe Kapitel 5.5.1.2.1.2), eine typische Gesellschaft, auf wenig bewegtem, relativ feinkörnigem Schutt (ENGLISH et al. 1993) durch die nachfolgende Rasengesellschaft abgelöst wird. Aktuell siedeln sich auf der noch gut erkennbaren Bergglöwenzahn-Halde neben ersten Spalierweiden, die zu einer weiteren Bodenfixierung beitragen, verstärkt Arten des *Caricetum firmae* an, welches in den mittleren Höhenlagen des Untersuchungsgebiets die am weitesten verbreitete Klimaxvegetation auf unbewegtem Untergrund darstellt.

Anders sieht die Frage nach den ablaufenden Sukzessionsprozessen auf gut entwickelten Polsterseggen-Rasen besonders im Bereich der unteren alpinen Zone aus. Wie bereits dargelegt, schreitet unter diesen Flächen auch die pedologische Entwicklung der Standorte voran, verbunden mit dem damit einhergehenden gesellschaftlichen Wandel hinsichtlich der auf diesen Böden wachsenden Vegetation. Dabei lassen sich aus dem *Caricetum firmae* heraus grundsätzlich zwei Sukzessionstendenzen erkennen, deren dazugehörige Aufnahmen in Tab. 12 zusammengefasst sind:

Aufnahme	41	46	51	98	122	278	279	3	52	47	104	87	293	126	97	40	234	187	228
Höhe	2026	2183	2159	2166	2116	2187	2192	2296	2149	2210	2159	2080	2319	2054	2161	2000	2119	2063	2039
Exposition	O	SO	S	OSO	SW	SSO	S	SSO	S	NO	SSO	NO	NO	ONO	ONO	NW	OSO	N	SSW
Neigung (°)	45	35	30	10	15	0	20	12	20	20	20	20	5	2	5	40	10	5	20
Höhe Kra.	20	15	15	20	k.A.	15	10	10	20	15	25	30	15	10	20	15	10	25	20
Deck. Kra. (%)	50	40	55	50	k.A.	80	65	50	75	30	60	85	90	85	85	3	5	1	90
Deck. Moos (%)	5	5	5	0,5	k.A.	5	10	0	10	2	4	5	0,5	5	5	5	1	1	5
Aufnahmefläche (m²)	15	12	k.A.	6	4	6	6	4	k.A.	12	12	10	9	9	6	18	6	10	12
VC/AC																			
Carex firma	3	2b	3	2b	.	+	+	3	2b	2b	2b	2m	4	3	3	3	1	1	2a
Festuca quadriflora	2m	2m	1	.	2m	.	+	1	1	2m	.	.	1	2m	.	1	3	1	.
Helianthemum alpestre	2m	2m	2m	.	.	.	.	.	2a	+	1	.	.	1	.	1	.	.	.
Euphrasia salisburgensis	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2m	2m	1	+	2m	.	1	2m	.
Sedum atratum	+	1	.	r	r	1	1	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana clusii	r	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	.	.	.	r	r	r	1	.
Minuartia verna subsp. ger.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Saxifraga moschata	.	1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Crepis jacquinii subsp. ker.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.
Chamorchis alpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Pedicularis rostratocapitata	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DV/DA																			
Ranunculus alpestris	+	1	2a	2m	.	1	.	.	.	2m	2m	2m	1	1	1	2m	1	1	2m
Silene acaulis	+	+	.	.	r	.	+	1	+	1	.	.	+	.	.	.	r	r	.
Dryas octopetala	+	1	2m	.	.	.	.	.	.	Dryas	.	2b	+	2a	r	3	.	2a	3
Minuartia sedoides	.	r	.	+	+	r	r	.	.	1	+	.	.	.	+	.	.	.	.
dom./konst. Arten																			
Androsace chamaejasme VC	2m	2m	2m	2m	1	2m	1	1	2m	2m	2m	2m	1	1	2m	1	2m	1	1
Homogyne alpina	2m	2m	2m	1	+	1	1	+	1	1	2m	1	2m	1	2a	1	1	2m	1
Veronica aphylla KC/OC	+	1	2m	+	2m	+	+	+	2m	.	1	1	.	1	1	1	1	+	1
Campanula scheuchzeri	1	1	.	1	1	1	+	.	2m	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sesleria albicans KC/OC	2m	2m	2m	1	.	1	1	1	+	+	.	.	.	1	.	1	1	1	2a
Galium anisophyllum KC/OC	+	+	1	+	2m	1	1	1	2m	.	1	+	.	1	+	1	.	+	.
Thym. pra. subsp. pol. KC/OC	1	2m	2m																

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Grundsätzlich handelt es sich bei den 19 Aufnahmen dieser Tabelle um relativ artenreiche Gesellschaften, die vornehmlich im unteren Untersuchungsgebiet (unterhalb von 2319 m) gelegen sind. Die mittlere Artenanzahl aller Aufnahmen beträgt beachtliche 26,63 Arten und der mittlere Deckungsgrad der Krautschicht 69,44%. Zieht man für einen Vergleich nun nur die artenreichsten Aufnahmen aus den Tab. 9.1-3 heran, so ergibt sich dennoch eine geringfügig niedrigere mittlere Artenanzahl (24,68 auf Basis von 19 Aufnahmen) sowie eine deutlich geringere Deckung der Krautschicht von nur 60,5% (dieser Wert wurde auf Grundlage der 18 artenreichsten Aufnahmen aus den Tab. 9.1-3 berechnet, da der entsprechende Wert aus einer der Aufnahmen aus Tab. 12 nicht vorliegt). Die entsprechenden Mittelwerte aller 67 Aufnahmen aus Tab. 9.1-3 ergeben eine Artenanzahl von 16,61 bzw. eine Deckung von 43,17%.

Gegenüber Tab. 9.1-3 kommen in Tab. 12 mit *Chamorchis alpina* sowie *Pedicularis rostratocapitata* zwei Assoziations- bzw. Verbandscharakterarten hinzu (jeweils in einer Aufnahme vertreten), während mit *Saxifraga caesia* eine solche, die als eine der wichtigsten für die Gesellschaft bzw. den Verband des Caricion firmae angegeben wird (GRABHERR et al. 1993; OBERDORFER 1974/1976a), nicht mehr vorkommt. Auf Klassen- bzw. Ordnungsebene kommen *Scabiosa lucida*, *Alchemilla hoppeana*, *Globularia cordifolia*, *Carduus defloratus*, *Polygala alpestris* sowie *Helianthemum grandiflorum* hinzu. Alle diese Arten sind ebenfalls in Tab. 8 vertreten. An die Seite von *Carex capillaris* treten auf Ebene der Ordnungs-Trennarten *Anthoxanthum alpinum* sowie *Hippocrepis comosa*, die wiederum beide in Tab. 8 vorkommen. Die Zahl der Arten mit einer Stetigkeit von $\geq 2/3$ beträgt in Tab. 12 acht gegenüber zwei in Tab. 9.1-3 (darunter mit *Homogyne alpina* der einzige Säurezeiger, der in beiden Gruppen der Tabelle vorkommt). Gegenüber den Polsterseggen-Rasen aus dieser Tabelle treten die Spalierweiden mit ihren Pioniereigenschaften nun verstärkt zurück. Abschließend bleibt als wichtiges Abgrenzungskriterium zu den Aufnahmen aus Tab. 8 festzuhalten, dass in Tab. 12 *Carex sempervirens* fehlt.

Zu einer ersten Gruppe zusammengefasst sind die Aufnahmen 41-3. Diese ähneln im Vergleich mit den Aufnahmen aus Tab. 9.1-3 denjenigen, die dort die erste Gruppe bilden. Ein differenzierender Unterschied zu diesen letztgenannten Flächen ist jedoch, dass nun *Thymus praecox*, eine auf dem Zugspitzplatt nur in den Rasen der unteren alpinen Zone vorkommende Art, mit einer Stetigkeit von 100% vertreten ist. Dazu kommen, wie oben beschrieben, weitere Arten hinzu, die ansonsten nur in den artenreichen Rasengesellschaften mit Bezug zu den Blaugras-Horstseggen-Rasen anzutreffen sind. Arten der Thlaspietea sind hingegen nur sehr schwach bis gar nicht vertreten.

Zusammenfassend lässt sich diese Aufnahmengruppe als gut ausgeprägte, artenreiche Form des *Caricetum firmae* interpretieren, welches durch zahlreiche Arten bereits Beziehungen bzw. Entwicklungstendenzen hin zum Blaugras-Horstseggen-Rasen zeigt. Anders als in den Aufnahmen aus Kapitel 5.3.1.1.1.1 fehlt hier besonders noch die Horstsegge, welche zwar für die nach ihr mitbenannte Gesellschaft nur den Status einer Begleitart aufweist, deren Erscheinungsbild jedoch in dominanter Form (GRABHERR et al. 1993) prägt. Bei weiterhin

Die Vegetation des Zugspitzplatts

günstigen Bedingungen erscheint es aber durchaus möglich, dass eine weitere Entwicklung und somit eine Etablierung auch dieser Art in den Flächen eintreten kann, nicht zuletzt deshalb, weil anspruchsvolle Arten wie *Scabiosa lucida* und *Globularia cordifolia* und nicht zuletzt *Thymus Praecox* bereits vertreten sind.

Die eben getroffenen Aussagen treffen bis auf einen niedrigeren Stetigkeitswert von *Thymus praecox* ebenfalls für die zweite Gruppe aus Tab. 12 (Aufnahmen 52-228) zu. Das diese beiden Gruppen unterscheidende Kriterium ist jedoch das Auftreten von verschiedenen Säurezeigern in dieser Gruppe. Es sind vielfach Arten, die zu den Latschengebüschen der subalpinen Zone vermitteln (*Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*), aber auch Säurezeiger der Nardetalia wie *Potentilla aurea* und *Antennaria dioica*. Bemerkenswert ist zudem die hohe Stetigkeit von *Dryas octopetala* (in acht Aufnahmen dieser Gruppe vorhanden), was die in diesem Kapitel bereits berichtete Nicht-Ausschließlichkeit dieser Art als Pionier der Rasengesellschaft auf dem Zugspitzplatt bekräftigt. Schließlich tritt *Rhododendron hirsutum* in drei Aufnahmen auf, in Aufnahme 87 sogar mit dem relativ hohen Artmächtigkeitswert 2b. Arten der Thlaspietea treten schließlich noch stärker als in der ersten Gruppe zurück und kommen nur noch in drei Aufnahmen vor.

Die Anwesenheit von Säurezeigern in allen Aufnahmen ist die Konsequenz einer im Vergleich zu den anderen Polsterseggen-Rasen fortgeschrittenen Bodenentwicklung mit zumindest Entbasung der obersten Bodenschicht. Inwiefern und in welchem Umfang unter all diesen Flächen bereits Entwicklungstendenzen zu den in Kapitel 4.5 erläuterten Braunerden bestehen, kann anhand des bisher vorliegenden Probenmaterials noch nicht gesagt werden und ist Anknüpfungspunkt für künftige bodenkundliche Untersuchungen auf dem Zugspitzplatt. Aufgrund des beschriebenen Arteninventars der vorgestellten Flächen sind jedoch drei Entwicklungsmöglichkeiten für eine weitergehende, auf diesen im jetzigen Zustand noch dem Caricetum-firmae zuzuordnenden Rasen möglich: Einerseits scheint auch hier die Entwicklung hin zu einer Gesellschaft mit *Carex sempervirens* denkbar. Besonders bei den tiefliegenden Flächen ist aber auch unter dem Ausschluss von übermäßiger Beweidung eine Entwicklung über Zwergstrauchheiden hin zu den Latschengebüschen realistisch. Da aber eben dieser Beweidungsdruck besteht und vermutlich auch künftig bestehen wird, erscheinen Rasen aus der Ordnung der Nardetalia als der wahrscheinlichste vorläufige Endpunkt einer weiteren Sukzession.

5.3.2 Klasse Calluno-Ulicetea BR. -BL. et TX. ex WESTHOFF et al. 1946

5.3.2.1 Ordnung Nardetalia OBERD. ex PREISING 1949

5.3.2.1.1 Verband Nardion BR. -BR. in BR. BL. et JENNY 1926

5.3.2.1.1.1 Assoziation Geo montani-Nardetum strictae LÜDI 1928 nom. mutat. propos.

Das Geo montani-Nardetum strictae (Aufnahmen in Tab. 13) bildet eine von zwei anthropozogen bedingten Rasengesellschaften auf dem Zugspitzplatt und wurde in älteren Arbeiten zur Vegetation des Untersuchungsgebiets (Zöttl 1950; Credner 1995) nicht beschrieben. Die Angaben von REHDER (1970) beziehen sich auf Aufnahmen aus dem Schachengebiet. In den Artenlisten der vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) 1999 durchgeführten

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Biotopkartierung Alpen (ABK 2011) ist das Borstgras (*Nardus stricta*) allerdings für das Zugspitzplatt als dort vorkommende Art verzeichnet.

Tab. 13: Rasen aus dem Verband des Nardion im Untersuchungsgebiet.

Aufnahme	38	37	127	36		128	200	43	193	55	191	105
Höhe	2000	2001	2043	2000		2050	2067	2050	2067	2160	2057	2079
Exposition	S	SSW	ONO	SSO		SO	NO	SO	O	S	W	SSW
Neigung (°)	5	15	2,5	15		5	15	30	7	5	7	20
Höhe Kra.	8	20	30	10		25	37	20	25	15	35	25
Deck. Kra. (%)	70	95	95	80		55	85	25	80	80	95	95
Deck. Moos (%)	17	0	10	5		5	2	5	4	5	2	3
Aufnahmefläche (m²)	10	20	10	2		12	10	15	9	20	10	10
VC/AC												
Potentilla aurea	2a	2a	2m	1		1	1	.	.	2m	2m	2m
Leontodon helveticus	+	1	.	.		.	.	r	.	1	.	+
DV												
Homogyne alpina	.	2m	1	.		.	1	1	1	.	2m	.
OC												
Nardus stricta	1	5	2a	4		1	2b	2a	1	4	1	4
Antennaria dioica	1	.	.	.		.	1	.	.	.	.	.
Botrychium lunaria	.	+	.	.		r	.	.	.	.	.	.
Luzula alpina	1	2m	.	.		.	.	r	.	.	.	r
dom./konst. Arten												
Campanula scheuchzeri	2m	2m	1	r		2m	1	2m	1	+	1	+
Bistorta vivipara	2m	2m	1	.		2m	1	2m	1	2m	1	2m
Selaginella selaginoides	2m	1	r	.		1	1	+	+	2m	1	1
Carex firma	1	+	.	+		1	1	2a	2m	1	1	.
Begleiter												
Androsace chamaejasme	2m	2m	.	.		2m	1	2m	1	2m	.	.
Galium anisophyllum	1	2m	1	.		2m	1	1	.	.	.	2m
Veronica alpina	2m	2m	+	.		2m	.	.	+	1	+	.
Festuca quadriflora	2b	.	1	.		2m	.	2m	1	.	1	.
Thymus praecox subsp. polytrichus	1	1	+	.		.	.	1	.	r	.	1
Alchemilla hoppeana	r	.	.	.		+	.	1	+	.	.	r
Soldanella alpina	.	.	.	.		1	2m	.	.	2m	.	1
Ligusticum mutellina	.	.	.	.		+	2m	.	.	2m	1	2m
Viola biflora	r	.	.	.		1	.	.	1	2m	2m	.
Veronica aphylla	.	1	.	.		1	1	2m	+	.	.	.
Gentiana verna	.	1	.	.		+	+	1	.	1	.	.
Silene acaulis	r	.	r	.		.	+	.	+	1	.	.
Cerastium fontanum	r	r	1	.		.	.	r	.	.	.	+
Carex ornithopodioides	+	2m	.	+		.	.	.	.	1	.	.
Euphrasia salisburgensis	.	.	.	.		.	1	.	1	.	1	+
Gentianella aspera	.	.	.	.		+	+	.	+	2m	.	.
Poa minor	.	2m	.	.		.	+	+	.	.	+	.
Carex capillaris	+	.	.	.		1	+	+	.	.	.	.
Euphrasia minima	.	.	r	.		.	+	.	+	.	.	1
Leontodon hispidus	r	.	+	.		r	.	1	.	.	.	.
Gnaphalium hoppeanum	.	.	.	.		+	+	r	+	.	.	.
Helianthemum alpestre	2m	.	.	.		+	.	2a	.	.	.	.
Dryas octopetala	1	.	.	.		2a	.	.	.	1	.	.
Potentilla brauneana	.	.	.	.		1	2m	.	1	.	.	.
Festuca rupicaprina	.	.	2m	.		1	1	.	.	.	.	.
Carex sempervirens	.	.	.	.		+	.	2m	.	1	.	.
Ranunculus alpestris	.	.	.	.		1	.	r	.	.	2m	.
Aster bellidiastrium	.	.	.	.		+	.	2m	.	+	.	.
Agrostis alpina	.	.	1	.		+	.	.	.	.	.	1
Sesleria albicans	.	.	.	.		+	1	.	1	.	.	.
Carex parviflora	.	.	.	.		+	.	.	.	1	1	.
Gentiana clusii	.	.	.	.		1	.	1	r	.	.	.
Minuartia sedoides	.	.	.	.		+	+	.	.	r	.	.
Poa alpina	.	.	1	.		.	.	.	.	.	2a	.
Phyteuma orbiculare	.	.	.	.		2m	.	1	.	.	.	.
Crepis aurea	.	.	.	.		.	1	.	.	.	1	.
Achillea atrata	1	.	.	.		.	.	.	1	.	.	.
Polygala alpestris	1	.	.	.		.	.	+	.	.	.	.
Ranunculus montanus	.	.	.	.		.	.	+	1	.	.	.
Sagina saginoides	.	.	r	.		.	1	.	.	.	.	.
Alchemilla decumbens	.	.	.	.		.	.	+	+	.	.	.
Parnassia palustris	+	.	.	.		r	.	.	.	.	.	.
Asplenium viride	.	.	.	.		.	r	.	+	.	.	.
Daphne striata	.	r	.	.		.	.	r	.	.	.	.
Gentiana nivalis	.	.	.	.		.	r	.	.	.	r	.
Biscutella laevigata	.	.	.	.		r	.	r	.	.	.	.
Globularia cordifolia	.	.	.	.		.	.	2a	.	.	.	.
Campanula cochlearifolia	.	.	.	.		1	.	.	.	.	.	.
Globularia nudicaulis	.	.	.	.		1	.	.	.	.	.	.
Hippocrepis comosa	.	.	.	.		.	.	1	.	.	.	.
Poa cenisia	.	.	.	.		.	.	.	.	1	.	.
Poa supina	.	.	.	.		.	1	.	.	.	.	.
Festuca violacea	.	.	1	.		.	.	.	.	.	.	.
Primula auricula	.	.	.	.		.	.	r	.	.	.	.
Achillea millefolium	.	1	.	.		.	.	.	.	.	.	.
Lotus corniculatus	.	.	.	.		.	.	r	.	.	.	.
Carduus defloratus	.	.	.	.		.	.	.	.	r	.	.
Chamorchis alpina	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	r
Carex ericetorum	2m	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.
Minuartia verna subsp. gerardii	.	.	.	.		.	.	1	.	.	.	.
Myosotis alpestris	.	.	.	.		1	.	.	.	.	.	.
Taraxacum alpinum	.	.	.	.		.	.	.	1	.	.	.
Scabiosa lucida	.	.	+	.		.	.	.	.	.	.	.
Saxifraga aizoides	.	.	.	.		.	.	.	+	.	.	.
Carex ferruginea	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	+
Salix serpyllifolia	r	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.
Crepis jacquinii subsp. kernerii	.	.	.	.		.	.	.	r	.	.	.
Deschampsia cespitosa	.	.	.	.		.	.	.	.	r	.	.
Luzula multiflora	.	r	.	.		.	.	.	.	.	.	.
Saxifraga moschata	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.
Sedum atratum	.	.	.	.		.	r	.	.	.	.	.
Säurezeiger												
Anthoxanthum alpinum	1	2m	.	.		.	.	.	.	+	.	2m
Vaccinium vitis-idaea	2a	1	2a	2a		.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium myrtillus	.	2b	2a	2b		.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium gaultherioides	.	.	1	.		.	.	.	.	.	.	.
Loiseleuria procumbens	.	.	.	2b		.	.	.	r	.	.	.
Sibbaldia procumbens	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1	.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Grundsätzlich handelt es sich bei der im Deutschen als Borstgras-Rasen oder auch Bürstlingsrasen bezeichneten Assoziation um eine acidophile Gesellschaft, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in Gebieten mit silikatischem Ausgangsgestein hat. Bei entsprechender Bodenversauerung kommt sie aber auch azonal in den Kalkalpen vor. Dass diese Vorkommen auf Karbonatgestein eher die Regel als die Ausnahme sind, wird durch mehrere Befunde aus der Region wie auch aus dem übrigen Ostalpenraum belegt (AICHINGER 1933; LIPPERT 1966; WEBER 1981; HERTER 1990; EGGENSBERGER 1993; DIRNBÖCK & GREIMLER 1997).

Der Borstgras-Rasen gilt größtenteils als Ersatzgesellschaft, die sich nur als Konsequenz von Beweidung einstellt und vermutlich wieder durch die Vorläufergesellschaft verdrängt werden würde, ließe die Beweidung nach. Das Borstgras, welches vermutlich sogar aktiv über das Fell von in verschiedenen Gebieten weidendem Vieh verbreitet wird, wird gleichzeitig von diesen Tieren als Nahrung weitestgehend verschmäht, so dass es nach dem erstmaligen Eindringen immer größere Dominanz in den entsprechenden Flächen erreicht. Die Art weist zudem eine große Trittresistenz auf. Wie bereits angeführt, benötigt das Borstgras sauren, gut entwickelten Boden (häufig Braunerden) und kommt in Kalkgebieten nicht auf flachgründigen Böden vor. Der direkte Kontakt zum Karbonat führt bei *Nardus stricta* zu Eisenmangel. Ansonsten ist dieses Gras jedoch nicht an besondere Standortparameter wie beispielsweise eine bestimmte Exposition gebunden (AICHINGER 1933; GRABHERR 1993; OBERDORFER 1974/1976b; ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Bereits AICHINGER (1933) führt hierbei zwei Möglichkeiten an, die im Hochgebirge zur Ansiedelung des Borstgrases auf Karbonat führen können: Entweder findet die Art nach der Rodung von Latschenbeständen auf dem nun brachliegenden Rohhumus für sie günstige Wachstumsbedingungen (HERTER 1990) oder die hauptsächlich durch den Niederschlag erfolgende Entbasung der Böden ist soweit fortgeschritten, dass diese zumindest oberflächlich versauern (Abb. 34). Auf dem Zugspitzplatt konnten hierbei beide Formen nachgewiesen werden, wobei auf Grundlage der bisherigen bodenkundlichen Untersuchungen (KORCH et al. 2013) die Nardeten auf oberflächlich versauerten Braunerden (siehe Kapitel 4.5) zu dominieren scheinen (Abb. 34).

Die floristisch nicht immer leicht zu charakterisierenden Bestände (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010) sind besonders in den Kalkalpen stark an Charakterarten verarmt, was den Ursprung der Assoziation in den Silikatalpen unterstreicht (EGGENBERGER 1993). LIPPERT (1966) identifiziert in diesem Zusammenhang eine „Kalkalpenrasse“ der Gesellschaft, in der Arten der Karbonatgebiete verstärkt solche aus den Silikatgebieten ersetzen.

Die in Tab. 13 dargestellten Aufnahmen, die dem *Geo montani-Nardetum strictae* zugeordnet werden, können wie beschrieben aufgrund ihres Vorkommens entweder in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Latschengebüschen oder im Zusammenhang mit den Braunerdevorkommen des Untersuchungsgebiets in zwei Gruppen unterteilt werden. Gemein ist all diesen 11 Flächen die oben beschriebene starke Verarmung an Kennarten auf Verbands- bzw. Assoziationsebene, welche aufgrund unterschiedlicher Definition (GRABHERR 1993; OBERDORFER 1993b) in einem Block zusammengefasst wurden. Von diesen Kennarten

Die Vegetation des Zugspitzplatts

kommen in den Aufnahmen lediglich *Potentilla aurea* sowie *Leontodon helveticus* vor. Beide sind jedoch nicht in allen Flächen vertreten und fehlen in Aufnahme 191 sogar komplett. Von den Ordnungscharakterarten ist lediglich das namensgebende *Nardus stricta* in allen Aufnahmen vertreten (dafür teilweise mit großer bis sehr großer Dominanz und Artmächtigkeit). Mit wesentlich geringerer Stetigkeit treten *Antennaria dioica*, *Botrychium lunaria* und *Luzula alpina* auf. Mit großer Stetigkeit in beiden Gruppen sind *Campanula scheuchzeri*, *Bistorta vivipara*, *Selaginella selaginoides* und *Carex firma* vertreten. Besonders diese hohe Stetigkeit der obligat an basisches Substrat gebundenen Polster-Segge erscheint an den versauerten Standorten zunächst erstaunlich. Hierzu sei angemerkt, dass sich die Art stets an den Rändern der Borstgras-Rasen oder im Bereich größerer, aus den Flächen herausragender Kalksteinblöcke (Abb. 34) befindet, wo sie noch Kontakt zum Karbonatgestein herzustellen vermag. Dennoch wächst sie hier bereits im Verbund mit dem Borstgras und ist somit als Teil der Gesellschaft in seiner für das Zugspitzplatt typischen Form anzusehen. Auch unter den Begleitern findet man zahlreiche in den Rasen der *Seslerietalia albicantis* typischerweise vorkommende Arten, was die oben geschilderte Existenz einer „Kalkalpenrasse“ im Sinne LIPPERTS zu bestätigen scheint. Beachtlich erscheint schließlich die große Bandbreite hinsichtlich des Artenreichtums der Aufnahmen aus Tab 13, welche 9-38 Arten umfasst und damit die bereits angesprochene schwierige floristische Erfassbarkeit dieser Gesellschaft unterstreicht. Auch die Deckungswerte der Krautschicht sind in der Regel sehr hoch und erreichen Werte von im Mittel 77,73%, was dem höchsten Wert aller Gesellschaften des Platts entspricht.



Abb. 34: Geo montani-Nardetum strictae auf gut entwickelter Braunerde auf dem unteren Zugspitzplatt. (Aufnahmen: Oliver Korch 2012 & Raphael Rehm 2013).

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Neben dem gemeinsamen Standort auf den Tangelrendzinen und Rohhumusdecken sehr wahrscheinlich ehemals von Latschen bewachsener Flächen, weisen die Borstgras-Rasen der ersten Gruppe (Aufnahmen 38-36 in Tab. 13) auch floristische Beziehungen zu den von der Latsche dominierten Gesellschaften auf (siehe Kapitel 5.1 ff. und Abb. 25). Dies manifestiert sich in einem Dominieren des gesellschaftlichen Aspekts der Flächen durch Arten der Gattung *Vaccinium*, die teilweise mit drei Arten in den Flächen vertreten ist. Die Artenanzahl dieser Flächen ist mit 9-28 Arten geringer als in der zweiten Gruppe der Borstgras-Rasen.

Die zweite Gruppe (Aufnahmen 128-105 in Tab. 13) umfasst mit 7 Aufnahmen fast doppelt so viele wie die erste. Dies beschreibt auch zutreffend das Verhältnis der beiden Borstgras-Rasen-Typen des Zugspitzplatts. Wie angeführt befinden sich diese Flächen auf an allochthonen Glimmern, vermutlich äolische Einwehungen aus den Zentralalpen (siehe Kapitel 4.5), reichen Braunerden. Dieser Bodentyp ist meistens in den Karsttaschen des Schichtkopfkarakstes des unteren Zugspitzplatts ausgebildet (Abb. 35).



Abb. 35: Borstgras-Rasen mit unterliegender Braunerde in Karsttasche des Schichtkopfkarakstes auf dem unteren Zugspitzplatt. (Aufnahme: Sven Grashey-Jansen 2012).

Im Gegensatz zu den Aufnahmen der ersten Gruppe fehlen hier *Vaccinium*-Arten völlig. Dafür sind in den durchweg artenreichen bis sehr artenreichen Aufnahmen (16-38 Arten) wesentlich mehr Spezies der *Seslerietalia albicantis* aufgenommen worden. Dies dürfte auch das stärkste Indiz für die Abstammung dieser Form des *Geo montani*-Nardetum strictae sein, die sich unter dem Einfluss der Beweidung als Ersatzgesellschaft aus den artenreichen Kalk-Magerrasen des *Caricetum firmiae*, noch mehr aber aus jenen Rasen entwickelt haben, die in Kapitel 5.3.1.1.1.1 vorgestellt und diskutiert worden sind. Diese unterschiedlich stark den Blaugras-Horstseggen-Halden zuzurechnenden Flächen dürften unter ungestörten Verhältnissen den Endpunkt der aktuellen Rasensukzession im Untersuchungsgebiet darstellen. Unter dem Druck der durch die Schafe intensiv erfolgenden Beweidung dürfte bei

Die Vegetation des Zugspitzplatts

voranschreitender Bodenversauerung jedoch irgendwann die Voraussetzung für das Eindringen von *Nardus stricta* in die Ursprungsgesellschaft geschaffen sein. Ist dieses Eindringen schließlich erfolgt, sorgt die Verbis- und Trittresistenz der Art schnell für eine Verschiebung der Dominanzverhältnisse zu ihren Gunsten. Dies geht schließlich häufig auch mit einer relativen Artenverarmung einher, wie die Aufnahmen 55 und 105 zeigen. Diese beiden Flächen, auf denen das Borstgras mit einem Artmächtigkeitswert von 4 vorkommt, zählen zu den drei artenärmsten Aufnahmen der Gruppe.

5.3.3 Klasse *Polygono arenastri-Poetaea annuae* RIVAS-MARTÍNEZ 1975

corr. RIVAS-MARTÍNEZ et al. 1991

5.3.3.1 Ordnung *Polygono arenastri-Poetalia annuae* Tx. in GÉHU et al. 1972

corr. RIVAS-MARTÍNEZ et al. 1991

5.3.3.1.1 Verband *Alchemillo-Poion supinae* ELLMAUER & MUCINA 1993

5.3.3.1.1.1 Assoziation *Alchemillo-Poetum supinae* AICHINGER 1933

Wie die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Borstgras-Rasen wurde das Alchemillo-Poetum supinae (Tab 14), die typische Pflanzengesellschaft der Lägerstellen innerhalb des Untersuchungsgebiets für das Zugspitzplatt bisher nicht beschrieben. Dies ist insofern erstaunlich, da es sich um recht markante Flächen handelt, die sich deutlich von der umgebenden Vegetation abheben. Ebenso wie bei dem Geo montani-Nardetum strictae ist die das Erscheinungsbild der Gesellschaft prägende Lägerrispe (*Poa supina*) jedoch in den Artenlisten der Biotopkartierung Alpen (ABK 2011) vertreten. Auf regionaler Ebene beschreibt WEBER (1981) schließlich solche Rasen für die Mieminger Kette, SAITNER & PFADENHAUER (1992) berichten von kleinflächigen Gesellschaften aus dem verwandten Verband des Poion alpinae für das Dammkar im Karwendelgebirge.

Hinsichtlich der syntaxonomischen Einordnung der auch „Faxrasen“ (AICHINGER 1933) genannten Gesellschaft besteht zwischen den verschiedenen Systematiken deutliche Uneinigkeit. OBERDORFER (1976) rechnet sie der Klasse der Plantaginetea majoris, der Ordnung der Plantaginetalia majoris und dem Verband des Polygonion avicularis zu. ELLMAUER & MUCINA (1993) gliedern sie dagegen in die Klasse der Molinio-Arrhenatheretea, der Ordnung der Poo alpinae-Trisetetalia und dem Verband des Alchemillo-Poion supinae ein. POTT (1995) und RENNWALD (2000 Bearb.) fassen sie in der Klasse der Polygono arenastri-Poetaea annuae zusammen. Beide Autoren favorisieren auf Ordnungsebene die Polygono arenastri-Poetalia annuae, wobei POTT hierbei auf Unsicherheiten bei dieser Einordnung hinweist. Hinsichtlich der Einordnung auf Verbandsebene folgt RENNWALD der von ELLMAUER & MUCINA vorgenommenen Einordnung, verweist in dieser Systematik aber auf von BERGMAIER geäußerte Zweifel. Pott ordnet die Faxrasen schließlich dem Verband des Matricario discoideae-Polygonion arenastri zu. In der vorliegenden Arbeit wird dabei aus Gründen der Einheitlichkeit der aktuellsten Einordnung von RENNWALD gefolgt.

Aufnahme	13	44	10	63	58	2	9	20	165	59	50	49	45	70
Höhe	2133	2164	1997	2316	2175	2316	2324	2390	2435	2231	2057	2057	2165	2396
Exposition	S	SSO	O	.	.	NNW	OSO	SO	S	SSO	S	S	.	SO
Neigung (°)	5	30	10	0	10	7	5	10	1,5	2	37	37	0	1
Höhe Kra.	13	15	20	5	10	13	20	15	20	15	10	10	7	10
Deck. Kra. (%)	80	95	70	60	50	85	90	90	98	70	20	15	75	100
Deck. Moos (%)	15	3	10	30	2	3	1	1	4	10	1	0	0	0
Aufnahmefläche (m²)	10	15	5	3	7	10	10	10	7	10	15	15	5	12
AC														
Poa supina	2a	2b	2a	+	1	3	2m	2b	4	1	+	1	4	3
DA														
Veronica alpina	.	2m	.	r	2a	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Sagina saginoides (AC)	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.
dom./konst. Arten														
Bistorta vivipara	2a	2m	2m	2m	2m	+	2m	.	2m	2a	2m	.	.	r
Campanula scheuchzeri	2a	2m	1	1	1	1	2m	.	1	2m	.	2m	.	.
Galium anisophyllum	1	2m	1	+	1	.	2m	2m	.	2m	1	1	.	.
(VC)														
Alchemilla decumbens	1	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Stickstoffzeiger														
Taraxacum alpinum	1	2b	.	1	2m	2a	.	2a	1	.	.	.	1	2b
Poa alpina	1	.	1	.	.	2m	.	1	1	.	.	.	.	3
Bellis perennis	2a	2a	.	.	.	r	2m	+	.	.	.	.	2m	.
Trifolium repens	1	2a	.	.	.	1	.	2m	.	.	.	.	2m	.
Viola biflora	.	.	1	.	2a	.	.	+	.	.	2m	2m	.	.
Ranunculus montanus	2a	1	.	.	2m	.	2m	.	.	.	.	.	.	.
Crepis aurea	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Urtica dioica	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Begleiter														
Potentilla brauneana	.	r	.	2m	2m	1	+	2m	2m	2m	.	.	+	.
Festuca quadriflora	2a	2m	1	.	.	.	2m	1	1	1	.	.	.	2b
Silene acaulis	1	r	.	.	.	+	2a	2a	+	+	.	.	.	r
Minuartia sedoides	.	1	1	+	.	+	+	1	+	.	.	.	.	1
Carex firma	1	.	2a	+	.	.	2a	.	1	3	2a	.	.	.
Minuartia verna subsp. gerardii	2a	.	.	1	.	+	+	+	+	.	.	.	.	1
Achillea atrata	.	2m	.	2m	2a	2m	.	1	.	.	.	.	2m	.
Veronica aphylla	1	.	+	.	.	+	1	1	1	.	.	.	.	.
Ranunculus alpestris	.	+	.	1	1	.	.	.	.	r	+	+	.	.
Pritzelago alpina	.	r	.	1	1	r	.	.	+	.	.	r	.	.
Euphrasia salisburgensis	2a	.	r	.	.	2m	2m	.	1	.	.	.	.	.
Soldanella alpina	1	2m	1	1	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gnaphalium hoppeanum	2a	.	r	2m	1	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Saxifraga moschata	.	r	.	+	+	+	.	1	.	.	.	.	.	.
Androsace chamaejasme	2a	.	+	.	1	.	.	.	.	2m	.	.	.	.
Myosotis alpestris	1	2m	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ligusticum mutellina	.	2m	r	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium fontanum	1	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.
Homogyne alpina	1	1	+	.	1	.</								

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Das Alchemillo-Poetum supinae auf dem Zugspitzplatt dürfte seinen Ursprung ausschließlich in den dort während der Sommermonate unbeaufsichtigt weidenden Schafen haben (siehe Kapitel 4.7; 7.3.1). Eigenen Beobachtungen zufolge ist es überall dort ausgebildet, wo die Tiere in größeren Gruppen regelmäßig die Nacht verbringen bzw. auch in der Herde ungünstige Witterungsabschnitte überstehen. Als Konsequenz daraus ergibt sich für die Flächen eine entsprechende Trittbelastung sowie durch die Ausscheidungen der Tiere ein punktuell sehr großer Nährstoffeintrag (Abb. 36). Auch AICHINGER (1993) weist auf die Bedeutung der Düngung durch die Schafe für die Gesellschaft hin. Die oft dominierende *Poa supina* wird dagegen aufgrund ihrer geringen Produktivität nur selten gefressen (ELLMAUER & MUCINA 1993).



Abb. 36: Alchemillo-Poetum supinae auf dem mittleren Zugspitzplatt. Kennzeichnend für die Lägerstellen ist ein starker Nährstoffeintrag auf diesen Flächen verursacht durch die Ausscheidungen der Schafe. (Aufnahmen: Oliver Korch 2009 & 2012).

Die Höhenlage der 14 Aufnahmen aus Tab. 14 reicht von 2057 m bis 2435 m und erstreckt sich damit über nahezu die gesamte alpine Zone des Untersuchungsgebiets. Anders als beispielsweise bei den Polsterseggen-Rasen kann dabei kein Trend bezüglich einer Artenzu- bzw. Artenabnahme im Verhältnis zur Höhenlage der Aufnahme Fläche beobachtet werden. Die Artenanzahl schwankt bezüglich der aufgenommenen Flächen zwischen 31 (Aufnahme 13) und 9 (Aufnahmen 45 & 70), so dass die von ELLMAUER & MUCINA (1993) für diese Gesellschaft als typisch beschriebene Artenarmut nur bedingt bestätigt werden kann. Hierbei muss zudem darauf hingewiesen werden, dass aufgrund des teilweise starken selektiven Verbisses bei der Vegetationsaufnahme dieser Gesellschaft die Gefahr hoch ist, eine schwach ausgeprägte oder stark verbissene Art zu übersehen. Die mittlere Deckung der Krautschicht ist mit 71,29% der zweithöchste Wert für eine Gesellschaft nach den Borstgras-Rasen.

Von den dieser Assoziation zugerechneten Kennarten konnte lediglich die namensgebende *Poa supina* nachgewiesen werden, diese kommt dafür aber mit teilweise sehr hoher

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Artmächtigkeit in allen Aufnahmen vor und bestimmt wie bereits angesprochen sehr stark die Charakteristik der Lägerstellen. An Differentialarten kommen *Veronica alpina* in fünf sowie *Sagina saginoides* in zwei Flächen vor. Auf Ebene der Verbandscharakterarten ersetzt wahrscheinlich die ebenfalls zur Artengruppe *Alchemilla vulgaris* zugehörige *Alchemilla decumbens* (aufgrund der diesbezüglich bestehenden Unsicherheit ist dieser Status jedoch in Tab. 14 in Klammern gesetzt) die eigentlich namensgebende, nur bis in die subalpine Höhenstufe steigende (EGGENBERG & MÖHL 2009) *Alchemilla xanthochlora*. Mit einer Stetigkeit von $\geq 2/3$ sind *Bistorta vivipara*, *Campanula scheuchzeri* sowie *Galium anisophyllum* vertreten. Weiter sind in Tab. 14 noch die in den Flächen neben der Lägerrispe vorkommenden Stickstoffzeiger (ELLENBERG-Zahl ≥ 6) gesondert zusammengefasst, was ein Indikator für eine übermäßige Nährstoffzufuhr der Farnrasen ist.

Unter den Begleitern dominieren wiederum ähnlich wie bei den Borstgrasrasen überwiegend Arten der Seslerietalia albicantis. Vertreter der Schutt- und Schneetälchengesellschaften sind dagegen weniger stark vertreten. Eine solche Verteilung erscheint auch plausibel, da die Lägerstellen alle in der Umgebung anderer alpiner Rasen aus dieser Ordnung vorkommen und somit aus diesen hervorgegangen sind. Die einzige Ausnahme hiervon bildet die Aufnahme 10, welche in unmittelbarer Umgebung der Latschengebüsche und somit wahrscheinlich auf saurem Substrat gelegen auch Charakterarten der Nardetalia (*Nardus stricta*, *Potentilla aurea*) aufweist.

5.4. *Viola biflora*-Gesellschaften

In Tab. 15 sind fünf Vegetationsaufnahmen dargestellt, die miteinander eine Reihe von gemeinsamen Merkmalen verbindet, die aber keiner der bekannten Pflanzengesellschaften der alpinen Höhenzone zugeordnet werden können. Aus diesem Grund werden diese Aufnahmen nachfolgend als ranglose *Viola biflora*-Gesellschaften bezeichnet (Abb. 35).

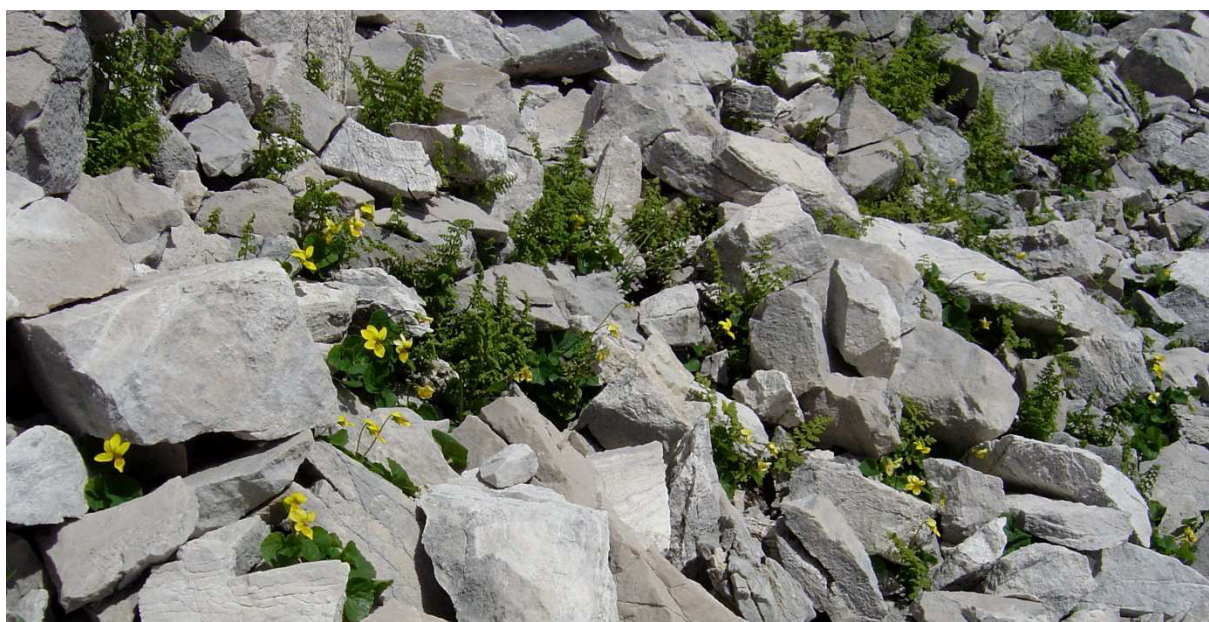


Abb. 37: *Viola biflora* und *Cystopteris alpina* auf Blockschutt. (Aufnahme: Philipp Stojakowits 2009).

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Dieser Typus ist besonders in der unteren Hälfte des nördlichen Zugspitzplatts im Bereich des Schichtkopfkarakts in Karren, beschatteten Geländemulden, auf grobem Blockschutt, aber auch in Karsttaschen ausgebildet, in denen keine Borstgras-Rasen (siehe Kapitel 5.3.2.1.1.1) wachsen.

Tab. 15: Ranglose *Viola biflora*-Gesellschaften der alpinen Zone.

Aufnahme	120	60	124	102	54
Höhe	2077	2239	2194	2186	2151
Exposition	ONO	SSO	NNW	NO	SO
Neigung (°)	85	10	17	40	20
Höhe Kra.	30	20	10	20	20
Deck. Kra. (%)	25	30	15	30	10
Deck. Moos (%)	5	3	0,5	0	1
Aufnahmefläche (m²)	4	10	8	15	15
dom./konst. Arten					
<i>Viola biflora</i>	1	2m	1	2m	2m
<i>Sesleria albicans</i>	1	2m	+	+	1
<i>Galium anisophyllum</i>	+	2m	1	r	1
<i>Cystopteris alpina</i>	+	r	r	2m	1
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	r	1	r	r	+
<i>Carex firma</i>	+	2a	1	.	1
<i>Bistorta vivipara</i>	1	2m	2m	1	.
<i>Campanula scheuchzeri</i>	+	1	1	2m	.
<i>Festuca quadriflora</i>	1	2m	+	.	1
Begleiter					
<i>Asplenium viride</i>	1	1	+	.	+
<i>Soldanella alpina</i>	+	1	.	2m	.
<i>Ligusticum mutellina</i>	+	.	.	1	1
<i>Potentilla brauneana</i>	.	1	+	.	+
<i>Aster bellidiastrum</i>	.	1	r	.	+
<i>Carex parviflora</i>	+	1	r	.	.
<i>Salix retusa</i>	+	r	.	.	r
<i>Minuartia sedoides</i>	.	r	r	.	+
<i>Silene acaulis</i>	r	r	r	.	.
<i>Androsace chamaejasme</i>	.	2m	1	.	.
<i>Veronica aphylla</i>	.	.	1	1	.
<i>Homogyne alpina</i>	+	.	.	1	.
<i>Crepis jacquinii</i> subsp. <i>kernerii</i>	.	1	+	.	.
<i>Ranunculus alpestris</i>	+	1	.	.	.
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	.	.	+	.	1
<i>Selaginella selaginoides</i>	.	+	r	.	.
<i>Polystichum lonchitis</i>	.	.	.	r	+
<i>Saxifraga moschata</i>	r	r	.	.	.
<i>Achillea atrata</i>	.	.	.	2m	.
<i>Rhododendron hirsutum</i>	1	.	.	.	.
<i>Helianthemum alpestre</i>	.	.	1	.	.
<i>Myosotis alpestris</i>	.	.	.	1	.
<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>alpina</i>	.	1	.	.	.
<i>Leontodon montanus</i>	.	.	.	1	.
<i>Cirsium spinosissimum</i>	.	.	.	.	1
<i>Poa alpina</i>	.	.	.	1	.
<i>Valeriana saxatilis</i>	1	.	.	.	.
<i>Globularia cordifolia</i>	+	.	.	.	.
<i>Dryas octopetala</i>	.	.	+	.	.
<i>Carex capillaris</i>	+	.	.	.	.
<i>Bartsia alpina</i>	+	.	.	.	.
<i>Gentiana clusii</i>	+	.	.	.	.
<i>Sagina saginoides</i>	+	.	.	.	.
<i>Taraxacum alpinum</i>	.	.	.	+	.
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i>	r	.	.	.	.
<i>Erica carnea</i>	r	.	.	.	.
<i>Salix serpyllifolia</i>	.	r	.	.	.
<i>Euphrasia minima</i>	.	.	.	r	.
<i>Scabiosa lucida</i>	r	.	.	.	.
<i>Biscutella laevigata</i>	r	.	.	.	.
<i>Salix glabra</i>	r	.	.	.	.
<i>Arabis bellidifolia</i>	r	.	.	.	.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Trotz dieser großen Standortamplitude handelt es sich dabei aufgrund des Untergrundes oder aber auch der Beschattung um für das Untersuchungsgebiet verhältnismäßig feuchte Standorte. Diese weisen, unabhängig vom Untergrund, einen für die alpinen Gesellschaften geringen Deckungsgrad der Vegetation von im Mittel 22% auf, was zum aufgelockerten Gesamtspekt dieser Gesellschaften (Abb. 37) beiträgt. Weiter prägen neben *Viola biflora* verschiedene Farne den Aspekt dieser Flächen. Dies sind der in allen Flächen vorkommende *Cystopteris alpina*, aber auch *Asplenium viride* und *Polystichum lonchitis*. Weiter weisen *Sesleria albicans*, *Galium anisophyllum*, *Gnaphalium hoppeanum*, *Carex firma*, *Bistorta vivipara*, *Campanula scheuchzeri* und *Festuca quadriflora* einen Stetigkeitswert von 100% auf. Bei diesen hochsteten Arten, aber auch bei vielen Begleitern, handelt es sich ähnlich wie bei den in den beiden vorangegangenen Kapiteln beschriebenen anthropo-zoogenen Rasen um Arten aus der Ordnung der Seslerietalia albicantis. Hinzu kommen hier jedoch aber auch Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in den subnival geprägten Gesellschaften, aber auch solche, die häufig in den Zwergstrauchheiden angetroffen werden (*Rhododendron hirsutum*, *Erica carnea* in Aufnahme 120).

Eine gewisse Ähnlichkeit besteht zwischen den Aufnahmen der Tab. 15 einer gleichgroßen Serie von Aufnahmen durch SAITNER & PFADENHAUER (1992) im Karwendelgebirge. Diese werden dort, ebenfalls syntaxonomisch ranglos, als „Karrenkomplexe“ zusammengefasst. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es sich bei den *Viola biflora*-Gesellschaften um einen Aufnahmenkomplex auf relativ feuchten Standorten handelt, der bei einer alle Aufnahmen übergreifenden typischen Artenkombination immer auch Anklänge an jeweils großflächig den Standort dominierende Pflanzengesellschaften zeigt. Dies können sowohl Polsteseggen-Rasen, aber auch Schutt- oder Schneetälchengesellschaften sein.

5.5 Die Schutt-, Schneetälchen- und Felsspaltengesellschaften des Zugspitzplatts

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Schutt-, Schneetälchen- und Felsspaltengesellschaften des Untersuchungsgebiets näher vorgestellt und diskutiert. Es ist dies die Vegetation der gleichnamigen dritten Zone in Abb. 21, diese entspricht der subnivalen bzw. dem schuttdominierten Anteil der alpinen Höhenstufe unterhalb der Plattumrahmung. Kleinflächig können diese Gesellschaften aber auch noch in der alpinen und sogar der subalpinen Zone ausgebildet sein.

5.5.1 Klasse *Thlaspietea rotundifolii* BR. -BL. 1948

5.5.1.1 Ordnung *Arabidetalia caeruleae* RÜBEL ex BR. -BL. 1948

5.5.1.1.1 Verband *Arabidion caeruleae* BR.-BL. in BR.-BL. et JENNY 1926

5.5.1.1.1.1 Assoziation *Salicetum retuso-reticulatae* BR.-BL. in BR.-BL. et JENNY 1926

Der Spalierweiden-Rasen (*Salicetum retuso-reticulatae*) nimmt häufig eine Zwischenstellung unter den Gesellschaften des bewegten Schutts und den eigentlichen Rasengesellschaften ein (ZÖTTL 1950).

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Wie auch bei anderen Gesellschaften in dieser Arbeit ist die syntaxonomische Einordnung der Assoziation in den einzelnen Systematiken auf Klassenebene nicht einheitlich. OBERDORFER (1973a) weist die Ordnung der Arabidetalia caeruleae der Klasse der Salicetea herbaceae zu. ENGLISCH et al. (1993); POTT (1995) und RENNWALD (2000 Bearb.) zählen sie jedoch zu den Thlaspietea rotundifolii.

Auf dem Zugspitzplatt ist der Spalierweiden-Rasen eine relativ wenig verbreitete Gesellschaft. CREDNER (1995) beschreibt sie mit zwei Aufnahmen für das südliche Bergsturzgelände. Auch im Rahmen anderer Arbeiten aus der Region (ZÖTTL 1950; WEBER 1981; SAITNER & PFADENHAUER 1992; EGGENSBERGER 1993) konnten im Vergleich zu anderen Assoziationen nur eine jeweils geringe Anzahl an Vegetationsaufnahmen dieser Gesellschaft durchgeführt werden. Für die vorliegende Arbeit ergab die pflanzensoziologisch-tabellarische Auswertung aller Vegetationsaufnahmen des Gebiets lediglich eine Aufnahme aus dem nördlichen Platt in einer Höhe von 2432 m (Tab. 16), die sicher dem Salicetum retuso-reticulatae zugerechnet werden konnte. Weitere, zunächst ähnlich erscheinende Aufnahmen auch im Bereich des von CREDNER untersuchten Bergsturzgeländes mussten nach einer kritischen Überprüfung anderen Gesellschaften, wie z.B. dem Caricetum firmiae angegliedert werden. Dies ist sicherlich darin begründet, dass die im Gebiet vorkommende, namensgebende Charakterart, *Salix retusa* in Bezug auf die Gesellschaftstreue lediglich mit „hold“ angegeben wird (BRAUN-BLANQUET & JENNY 1926).

Tab. 16: Dem Salicetum retuso-reticulatae zugeordnete Vegetationsaufnahme des nördlichen Zugspitzplatts.

Aufnahme	153		
Höhe	2432	KC	
Exposition	SSO	Poa minor	1
Neigung (°)	0	Moehringia ciliata	+
Höhe Kra.	5	Linaria alpina	r
Deck. Kra. (%)	5		
Deck. Moos (%)	0	Begleiter	
Aufnahmefläche (m²)	9	Veronica aphylla	2m
		Campanula cochleariifolia	1
AC		Galium megalospermum	1
Salix retusa	r	Salix herbacea	+
Salix serpyllifolia	r	Minuartia sedoides	+
		Sedum atratum	+
VC		Taraxacum alpinum	+
Gnaphalium hoppeanum	1	Thlaspi rotundifolium	+
Potentilla brauneana	+	Saxifraga aphylla	+
		Asplenium viride	r
DV		Minuartia verna subsp. gerardii	r
Carex ornithopodioides	1	Arabis bellidifolia	r

In der lediglich einen Deckungsgrad von 5% aufweisenden Aufnahme 153 kommt neben *Salix retusa* (Abb.38) noch die eng verwandte *Salix serpyllifolia* als zweite Charakterart (lediglich in POTT 1995 als solche klassifiziert) auf Assoziationsebene vor. Auf Verbandsebene konnten *Gnaphalium hoppeanum* und *Potentilla brauneana* festgestellt werden. Zudem kommt eine Differentialart auf Verbandsebene, *Carex ornithopodioides* vor. Von den Klassencharakterarten (Thlaspietea rotundifolii) sind schließlich *Poa minor*, *Moehringia ciliata* sowie *Linaria alpina* vertreten. Unter den Begleitern sei die Kraut-Weide (*Salix*

herbacea) hervorgehoben, die eine für die langfristige Entwicklung typische beginnende Bodenversauerung der Gesellschaft anzeigt (AICHINGER 1933; WEBER 1981).



Abb. 38: *Salix retusa*, die namensgebende Charakterart des *Salicetum retuso-reticulatae*.
(Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Der Grund für die geringe Verbreitung des Spalierweiden-Rasens nicht nur auf dem Zugspitzplatt dürfte mit den an den Standort gestellten Ansprüchen zu tun haben. So tritt diese Gesellschaft nach ENGLISH et al. (1993) auf festgelegtem, unbewegtem Kalkschutt auf. Solche Flächen sind im Untersuchungsgebiet außer im Bereich des bereits angesprochenen südlichen Bergsturzgeländes nur noch im Übergangsbereich der alpinen hin zur subnivalen Zone zu finden, oft in Zusammenhang mit holozänen Moränenablagerungen (Siehe Kapitel 4.6). Auch die beschriebene Aufnahme 153 befindet sich auf diesen Ablagerungen.

Abschließend zu erörtern ist die Frage, ob die auf dem Zugspitzplatt vorkommende Gesellschaft tatsächlich dem *Salicetum retuso-reticulatae* zugeordnet werden kann. Grund für eine solche In-Frage-Stellung ist die Tatsache, dass die Netz-Weide (*Salix reticulata*) aktuell nicht im Untersuchungsgebiet festgestellt werden konnte, obwohl aufgrund eines positiven Befundes in den Artenlisten LfU (ABK 2011) gezielt danach gesucht wurde. Dieses Fehlen deckt sich zusätzlich mit den Aufnahmen von CREDNER (1995), die die Art ebenfalls nicht führt. Betrachtet man nun Aufnahmen der Gesellschaft aus benachbarten Gebieten (ZÖTTL 1950; WEBER 1981; HAUPT 1985; SAITNER & PFADENHAUER 1992), so sind dort immer positive Befunde dieser Art verzeichnet. Lediglich in den benachbarten Ammergauer Alpen scheint die Art ebenfalls zu fehlen. Der Autor spricht sich aus diesem Grund und wegen des insgesamt seltenen Auftretens von Arabidion-Arten gegen die Bezeichnung entsprechender Aufnahmen als *Salicetum retuso-reticulatae* aus und verwendet stattdessen den Begriff „*Salix retusa*-Arabidion-Gesellschaft“. Ob einem solchen Vorschlag auch für die Aufnahmen des Zugspitzplatts gefolgt werden kann, ist aufgrund des aktuell zu geringen Bestandes an Aufnahmen nicht abschließend zu beantworten. Dagegen sprechen allerdings das Auftreten

[illegible]

In dem größtenteils edaphisch trockenen Untersuchungsgebiet, an dem im Bereich der Arabidetum-Standorte in manchen Jahren eine Schneedeckendauer von über 10 Monaten beobachtet wurde, stellen die Schneetälchen häufig kleinräumig Standorte mit dauerhaft feuchtem Boden dar. Ist der Boden der Schneetälchen dann noch durch massiven Kalkstein gegen den Untergrund abgedichtet, kann es sogar zu einer länger anhaltenden

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Stauwasserbeeinflussung der aufliegenden Feinbodenschicht kommen. Anschaulicher Beweis ist hier ein Boden mit erkennbaren Tendenzen der Pseudovergleyung, der 2013 im Zuge bodenkundlicher Arbeiten in einem Schneetälchen des mittleren Zugspitzplatts aufgenommen werden konnte (Abb. 40).



Abb. 39: Typischer Standort des *Arabidetum caeruleae* (Aufnahme: Oliver Korch 2010).



Abb. 40: Bodenprofil in einem Schneetälchen mit Merkmalen der Pseudovergleyung. (Aufnahme: Raphael Rehm 2013).

Die in den Tab. 17.1-2 dargestellten 57 Aufnahmen lassen erkennen, dass es sich bei dem *Arabidetum caeruleae* um eine auf dem Zugspitzplatt relativ häufige und gerade im oberen Bereich des Untersuchungsgebiets oft flächendeckend verbreitete Gesellschaft handelt. Im Gegensatz zu CREDNER (1995), die von einem Dominieren initialer Stadien berichtet, konnten

Die Vegetation des Zugspitzplatts

2009-2013 sowohl artenarme als auch artenreiche, initiale als auch gut entwickelte Flächen aufgenommen werden. Allgemein ist hierbei eine starke Abnahme, besonders der Kenn- und Trennarteninventars mit zunehmender Höhe festzustellen (Abb. 41). Der Deckungswert der Krautschicht liegt dabei in der Regel unter 50% und es tritt eine mitunter artenreiche Kryptogamenschicht mit Deckungswerten von teilweise >10% auf.

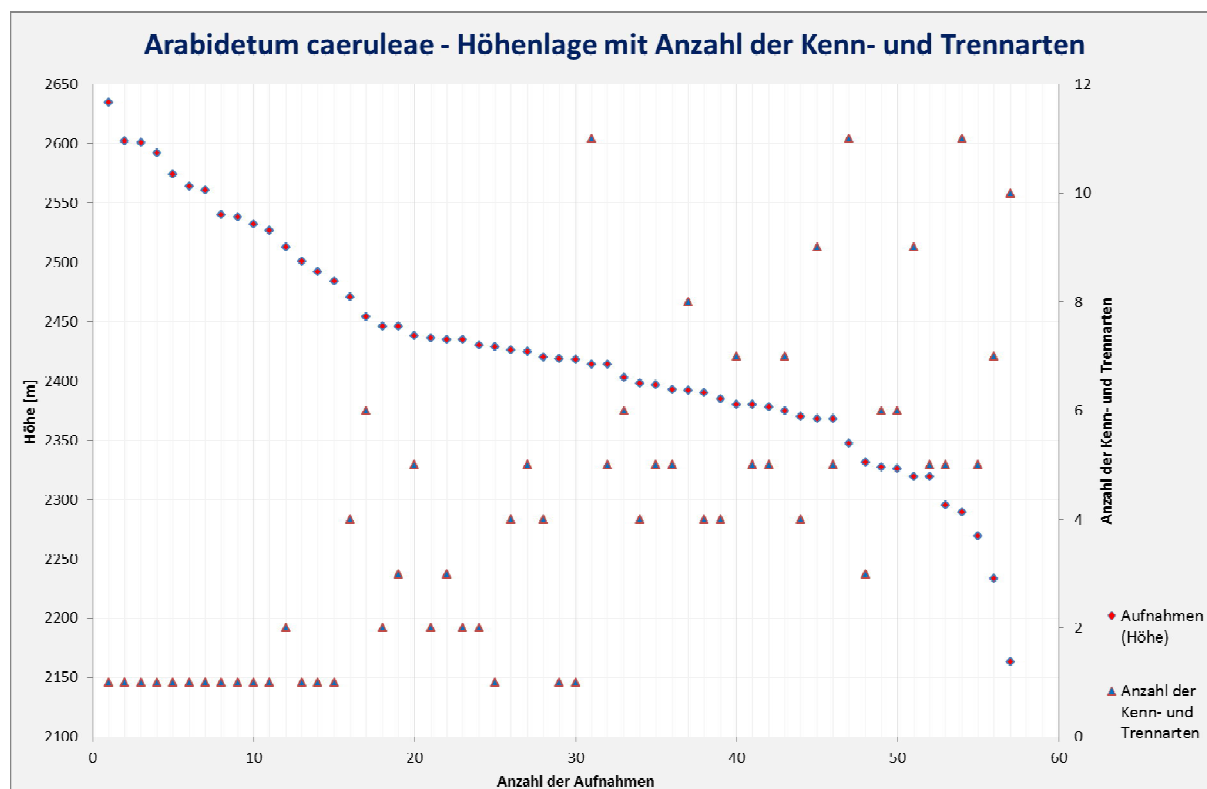


Abb. 41: Höhenlage und Anzahl der Kenn- und Trennarten bis einschließlich der Ordnungs-Rangstufe für das *Arabidetum caeruleae* auf dem Zugspitzplatt.

Zu einer ersten Gruppe zusammengefasst wurden schließlich 34 Aufnahmen (Nr. 223-176), welche die typische Ausbildung dieser Gesellschaft im Untersuchungsgebiet darstellen. Neben der namensgebenden Blauen Gänsekresse (*Arabis caerulea*) kommt in diesen Aufnahmen noch häufig *Gnaphalium hoppeanum* als zweite Assoziations-Charakterart vor. In dieser Gruppe wurden dabei nur jene Aufnahmen berücksichtigt, bei denen mindestens eine Charakterart eine Artmächtigkeit ≥ 1 erreicht. Trennart dieser Rangstufe ist die zur Blütezeit oft aspektbestimmende *Saxifraga stellaris*. Auf Verbandsebene kommen mit abnehmender Stetigkeit *Saxifraga androsacea*, *Carex parviflora*, *Ranunculus alpestris* und *Potentilla brauneana* vor. Als Differentialarten treten *Achillea atrata* sowie die Segge *Carex ornithopodioides* auf. Auf Ebene der Ordnungscharakterarten tritt lediglich *Salix retusa* in drei Aufnahmen schwach auf. Differentialarten sind *Sedum atratum*, *Veronica alpina*, *Silene acaulis*, *Bistorta vivipara* *Ranunculus montanus* sowie *Cirsium spinosissimum*. Die beiden letztgenannten wurden aber nur in zwei bzw. einer Fläche festgestellt. Als konstante Arten mit einer Stetigkeit $\geq 2/3$ über alle drei Gruppen kommen schließlich *Pritzelago alpina* und *Thlaspi rotundifolium* vor. Die letzte Art ist bei OBERDORFER (1973a) als Differentialart auf

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Assoziationsebene definiert. Aufgrund der anderen syntaxonomischen Einordnung der Gesellschaft auf Klassenebene (siehe vorheriges Kapitel) wird dies aber in Tab. 17.1-2 nicht berücksichtigt.

Insgesamt ist auch bei der ersten Aufnahmen-Gruppe ein großer Unterschied beim Artenreichtum der jeweiligen Einzelaufnahmen (24-7 Arten) zu beobachten. Begründet ist dies zum einen mit dem Auftreten einzelner, für die Gesellschaften der Elymo-Seslerietea typischer Arten in Aufnahmen mit geringer Höhenlage (z. B. Aufnahmen 16 & 25). Wesentlich häufiger treten jedoch in den artenreichen Aufnahmen dieser Gruppe Charakter- und regelmäßige Begleitarten aus der Ordnung der Thlaspietalia rotundifolii auf (z.B. Aufnahmen 22; 95; 71; 6). Begründet ist dies in der auf dem Zugspitzplatt festgestellten weiten Standortamplitude des Arabidetum caeruleae. Neben den typischen, oben beschriebenen Standorten in den muldenhaften Schneetälchen kommen Bestände mit *Arabis caerulea* ebenso auf verkarsteten Felshängen und größeren ebenen Flächen innerhalb der subnivalen Höhenstufe vor. Aufgrund der Höhenlage kommt es auch hier erst zu einem späten Ausapern des Geländes (während des Untersuchungszeitraums nie vor Ende Juni) und somit zu einer stark verkürzten Vegetationsperiode. LIPPERT (1966) sowie SAITNER & PFADENHAUER (1992) berichten von einem ebenso vermehrten Auftreten von Arten des Arabidetum caeruleae (u.a. *Saxifraga stellaris*, *Saxifraga androsacea*) im Bereich des spät schneefrei werdenden Watzmann- bzw. Dammkars. In beiden Arbeiten fehlt jedoch anders als auf dem Zugspitzplatt *Arabis caerulea* in den entsprechenden Aufnahmen, so dass dort eine Einordnung der entsprechenden Aufnahmen zu den Täschelkraut-Halden erfolgte, bzw. eine Übergangsgesellschaft definiert wurde. Weiter erwähnt CREDNER (1995) in diesem Zusammenhang ein gehäuftes Auftreten von Arabidetum-Arten im Bereich der Talstation des Sonnenkar-Sessellifts. Diese Beobachtung konnte durch die aktuellen Untersuchungen nicht nur bestätigt werden, vielmehr muss diese Aussage auf den kompletten Pistenbereich des Skigebiets oberhalb 2300 m ausgeweitet werden. Aufgrund der winterlichen Pistenpräparierung, die mit einer Verdichtung und oft auch Erhöhung der winterlichen Schneedecke einhergeht, kommt es in diesem Bereich zu einer anthropogen bedingten massiven Verlängerung der Schneedeckendauer. Trotz der häufig gleichzeitigen Anwesenheit von Arten der Täschelkraut- und Berglöwenzahn-Halden auf den Skipisten sind diese Gesellschaften aufgrund der starken Eigenschaft als Charakterart von *Arabis caerulea* (ENGLISCH et al. 1993; OBERDORFER 1973a) zum Arabidetum caeruleae zu zählen. Insgesamt ist der Pistenbereich im Vergleich zu den umliegenden Flächen aber nur sehr spärlich von Pflanzen bewachsen. Auf diesen Umstand wird in Kapitel 7.1.4 noch vertiefend eingegangen. Die kleine zweite Gruppe umfasst sechs Aufnahmen (82-157). Auf diesen insgesamt artenarmen Flächen ist *Arabis caerulea* nur schwach vertreten. Gleichzeitig fehlt die zweite Assoziations-Charakterart *Gnaphalium hoppeanum*. Die Trennart *Saxifraga stellaris* kommt dagegen mit einer Stetigkeit von 100% vor. Anders als in den Aufnahmen der ersten Gruppe fehlen weitestgehend Charakter- und Differentialarten auf der Verbands- bzw. Ordnungsebene.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

In der größeren dritten Gruppe (Aufnahmen 266-32) fehlen schließlich alle Verbands- und Ordnungscharakterarten und auch die Assoziations-Differentialart *Saxifraga stellaris* kommt nicht mehr vor. Lediglich das Vorhandensein von *Arabis caerulea* im Verbund mit subnivalen Arten meistens aus der Ordnung der *Thlaspietalia rotundifolii* kennzeichnet die Vegetation dieser hochgelegenen Flächen (2418 m – 2635 m). Noch stärker als in den Aufnahmen der anderen Gruppen wird hier das Wesen von der Blauen Gänsekresse als eine subnivale Art deutlich. Dies wird in einem Vergleich mit den von EGGENSBERGER (1993) in den Ammergauer Alpen erhobenen Vegetationsaufnahmen umso deutlicher. Der Autor beschreibt das *Arabidetum caeruleae* in diesem Gebiet als weitgehend typisch ausgebildet mit einem entsprechenden Inventar an Kenn- und Trennarten der *Arabidetalia caeruleae*. Hierbei fehlt jedoch in allen Aufnahmen *Arabis caerulea*, was EGGENSBERGER mit der im Bezug auf diese Art zu niedrigen Höhenlage der Ammergauer Alpen begründet. In der dritten Gruppe der dieser Arbeit zugrunde liegenden Aufnahmen tritt nun der gegenteilige Fall ein, aufgrund der großen Höhenlage dieser Aufnahmeflächen treten sonstige Arten der *Arabidetalia caeruleae* zurück und lediglich *Arabis caerulea* vermag sich an der oberen Verbreitungsgrenze der Assoziation in allen Aufnahmen zu halten.

5.5.1.2 Ordnung *Thlaspietalia rotundifolii* BR.-BL. in BR.-BL. et JENNY 1926

5.5.1.2.1 Verband *Thlaspiion rotundifolii* JENNY-LIPS 1930

5.5.1.2.1.1 Assoziation *Thlaspietum rotundifolii* JENNY-LIPS 1930

Das als Täschelkraut-Halde bezeichnete *Thlaspietum rotundifolii* ist die auf dem Zugspitzplatt am weitesten verbreitete Gesellschaft auf Schutt bei einer mittleren Schneebedeckung von 7-8 Monaten (ENGLISH et al. 1993). Dabei zeigen die typischen Arten dieser Assoziation verschiedene Anpassungen, wie etwa ausgeprägtes Wurzelwerk oder an mechanische Belastungen angepasste Triebe, die ihnen das Überleben auch auf aktiven Schutthalden und den damit verbundenen fortlaufenden Nachlieferungs- und Umlagerungsprozessen ermöglichen. So wird beispielsweise das namensgebende Rundblättrige Täschelkraut (*Thlaspi rotundifolium*) zu den Schuttwanderern, *Linaria alpina* zu den Schuttkriechern und *Pritzelago alpina* zu den Schuttstauern gerechnet (REISIGL & KELLER 1987). Aufgrund der herrschenden relativen edaphischen Trockenheit der Schutthalden weisen einige Arten (z.B. *Linaria alpina*) sukkulente Merkmale als Anpassung an dieses Standortmerkmal auf. JENNY-LIPS (1930) gibt den Verbreitungsschwerpunkt des *Thlaspietum rotundifolii* in der alpinen bis subnivalen Höhenstufe an. Dabei ist es sowohl bei andauernder Aktivität der Schutthalden (WEBER 1981) oder auch häufig aufgrund mangelnder Konkurrenzkraft von Arten in der Sukzession nachfolgender Gesellschaften besonders im subnivalen Bereich als Dauergesellschaft ausgebildet. Die Gesellschaft ist weit verbreitet und in allen Arbeiten zum Wettersteingebirge, aber auch zu den Nachbarregionen, vertreten. (OBERDORFER 1950; ZÖTTL 1950; SÖYRINKI 1954; LIPPERT 1966; WEBER 1981; HAUPT 1985; HERTER 1990; SAITNER & PFADENHAUER 1992; EGGENSBERGER 1993; CREDNER 1995; DÜRING & WIERER 1995).

Auf dem Zugspitzplatt wurden 34 Aufnahmen der Täschelkrauthalde zugeordnet, die in Tab. 18.1-2 dargestellt sind. Hierbei konnten drei verschiedene Subassoziationen aufgenommen

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Tab. 18.2: Aufnahmen des Thlaspietum rotundifolii II.

Aufnahme	167	89	5	7	73		90	250	135	77	31	244	245		48
Höhe	2428	2440	2496	2510	2560		2440	2496	2525	2458	2697	2480	2480		2057
Exposition	WSW	ONO	.	N	SSW		OSO	SW	W	NNW	OSO	SO	NW		S
Neigung (°)	0	20	0	10	45		20	20	2.5	10	17	30	20		37
Höhe Kra.	5	10	10	10	15		15	5	7	10	10	10	5		10
Deck. Kra. (%)	5	2	5	4	10		5	2	1	10	3	10	7.5		7
Deck. Moos (%)	0.5	0.5	1	0	0		0.5	0.5	0	0.5	0	0	0		0
Aufnahmefläche (m²)	16	10	k.A.	50	10		12	15	30	15	20	15	4		20
AC															
Thlaspi rotundifolium	2m	2m	1	1	+		2m	1	+	1	.	.	.		1
Saxifraga aphylla	1	1	+	.	.		+	.	r	2m	1	r	.		.
Papaver sendtneri	+	+	1	r	1		1	1	r	1	r	1	1		.
VC															
Cerastium latifolium	1	+	1	1	1		1	1	+	1	+	1	+		.
Pritzelago alpina	1	1	1	r	.		1	.	+	.	1	.	.		+
Achillea atrata	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
DV															
Veronica aphylla	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Festuca quadriflora	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Festuca alpina	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
OC															
Poa minor	r	1	.	.	.		+	1	r	.	.	1	.		1
Moehringia ciliata	+	1	.	.	.		+	+	.	+	.	.	.		1
Sedum atratum	+	.	.	.	.		r	.	.	.	.	.	.		.
Arabis bellidifolia	.	.	+	.	.		+	r	r	.	.	.	.		.
Campanula cochleariifolia	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		+
Arabis alpina	.	.	.	.	.		.	.	.	.	r	.	.		.
DO															
Minuartia verna subsp. ger.	+	.	.	.	.		.	+	.	.	.	.	.		.
Taraxacum alpinum	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
KC															
Linaria alpina	+	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		1
Salix serpyllifolia	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Rumex scutatus	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		1
Saxifraga oppositifolia	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Begleiter															
Saxifraga androsaacea	+	1	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Poa alpina	.	.	+	r	1		.	.	.	.	.	.	.		.
Gnaphalium hoppeanum	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Saxifraga stellaris	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Veronica alpina	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Minuartia sedoides	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Campanula scheuchzeri	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Ranunculus alpestris	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Carex ornithopodioides	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Asplenium viride	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Potentilla brauneana	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Galium megalospermum	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Carex parviflora	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Cystopteris alpina	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Silene vulgaris subsp. alp.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		1
Adenostyles alliariae	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Draba aizoides	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Silene acaulis	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Salix herbacea	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Bistorta vivipara	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Carex firma	r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Salix retusa	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.
Sesleria albicans	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.		.

Anders als in den Arbeiten von ZÖTTL (1950) und WEBER (1981) angegeben konnten jedoch keine größeren Flächen gefunden werden, auf welchen *Thlaspi rotundifolium* die einzig vorkommende Art ist.

Zur größten Hauptgruppe können die in Tab. 18.1 dargestellten Aufnahmen 153-251 zusammengefasst werden. Diese 21 Flächen geben die typische Ausbildung des Thlaspietum rotundifolii im Untersuchungsgebiet wieder (Abb. 43). Flächen dieses Typs sind großflächig auf den Schutthalden unterhalb der Plattumrahmung, aber durchaus auch auf weniger stark geneigten Bereichen der subnivalen Zone verbreitet, deren Untergrund aus grobem Schutt ohne allzu hohem Feinbodenanteil besteht und somit der in der Literatur angegebenen bevorzugten Bodenart für diese Gesellschaft entspricht (ENGLISCH et al. 1993).

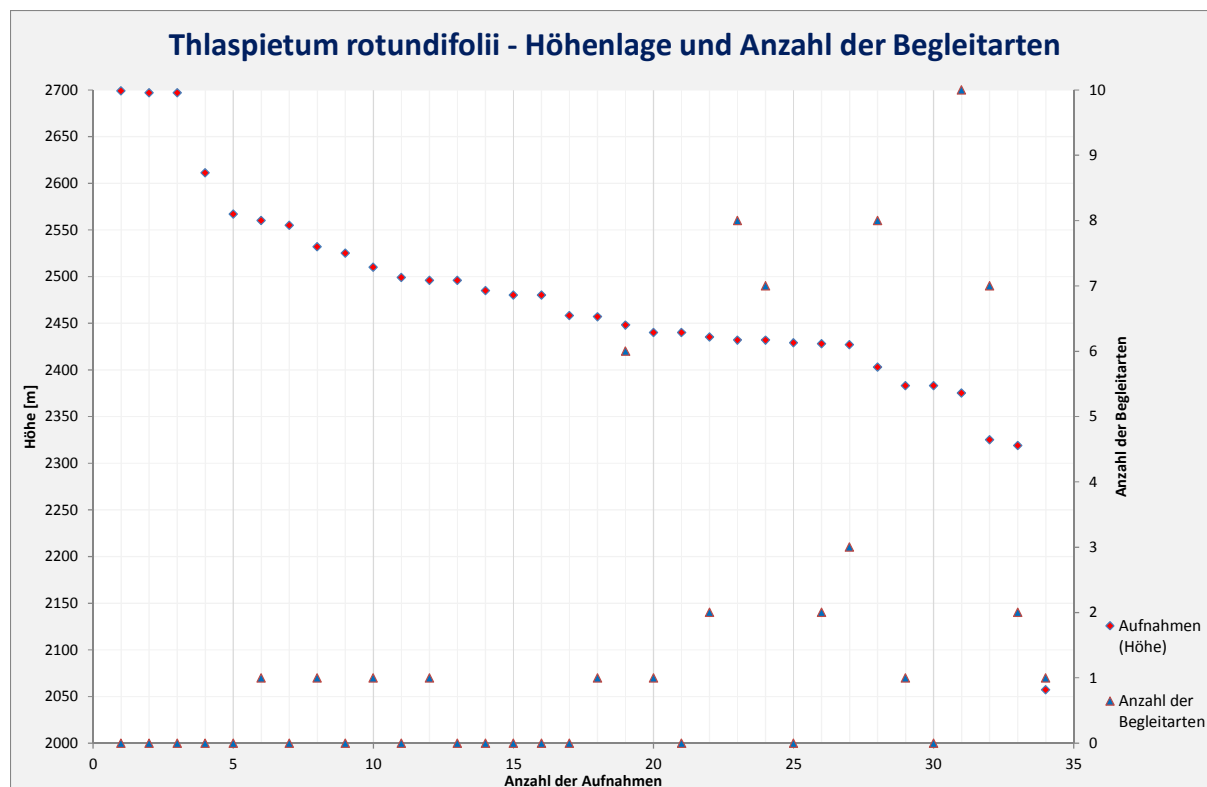


Abb. 42: Anzahl der Begleitarten in den Täschelkrauthalden des Zugspitzplatts im Verhältnis zur Höhenlage.

Neben *Thlaspi rotundifolium* kommt *Saxifraga aphylla* in den meisten Aufnahmen als Assoziationscharakterart vor. Von den Verbandscharakterarten sind vor allem *Cerastium latifolium* sowie *Pritzelago alpina* mit hoher Stetigkeit vertreten. Trennarten auf Verbandsebene konnten dagegen nur in wenigen Flächen festgestellt werden. Aus dem Bereich der Ordnungscharakterarten sind für diese Aufnahmengruppe *Poa minor* sowie *Moehringia ciliata* hervorzuheben, da beide großflächig in den Täschelkrauthalden des Zugspitzplatts vertreten sind.

Diese erste Gruppe lässt sich genauer noch in zwei Untergruppen aufteilen (Aufnahmen 153-72; 166-251). In der ersten, größeren Gruppe kommen verschiedene Begleitarten vor, was wie bereits angesprochen mit der im Mittel geringeren Höhenlage dieser Aufnahmeflächen zusammenhängt. Es sind dies überwiegend Arten, deren Verbreitungsschwerpunkt in der alpinen Zone des Untersuchungsgebiets liegt und die mit zunehmend subnival geprägten Standortbedingungen immer stärker zurücktreten. Sie fehlen somit in der zweiten Untergruppe und auch Trennarten auf Verbandsebene kommen dort nicht mehr vor.

Die zweite Hauptgruppe bilden in Tab. 18.2 die Aufnahmen 167-245. Diese unterscheiden sich von der ersten Hauptgruppe durch die Anwesenheit von *Papaver sendtneri* (Sendtners Alpenmohn) in der Gesellschaft. Bereits ZÖTTL (1950) und LIPPERT (1966) weisen auf die Besonderheit der Täschelkrauthalden mit Alpenmohn hin und bringen diese in Zusammenhang mit etwas weniger bewegten, verfestigten und von einem größeren Feinbodenanteil geprägten Standorten, wie sie oft auf Moränen anzutreffen sind (ENGLISH et al. 1993). Dies trifft auch auf die Lagen der Aufnahmen der zweiten Gruppe auf dem Zugspitzplatt zu, wo die Täschelkraut-Halden mit Sendtners Alpenmohn bevorzugt auf den

Die Vegetation des Zugspitzplatts

holozänen Moränen des oberen Untersuchungsgebietes verbreitet vorkommen (Abb. 44). ENGLISH et al. (1993). schlagen für die Gesellschaft eine eigene Subassoziation „*papaveretosum sendtneri*“ vor.



Abb. 43: Typische Ausbildung der Täschelkraut-Halde mit *Thlaspi rotundifolium* und *Pritzelago alpina* auf dem oberen Zugspitzplatt. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).



Abb. 44: *Thlaspietum rotundifolii* „*papaveretosum sendtneri*“ auf jungholozäner Moräne im Bereich des nördlichen Zugspitzplatts. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

Analog zur ersten Gruppe lässt sich auch hier wieder anhand des Auftretens von Begleitarten eine Aufteilung in zwei Untergruppen (Aufnahmen 167-73; 90-245) vornehmen. Allerdings treten auch in der ersten Gruppe nur noch drei Arten als Begleiter auf (*Carex firma*,

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Saxifraga androsacea und *Poa alpina*) und auch ein Unterschied bezüglich der mittleren Höhenlage beider Gruppen ist nicht mehr erkennbar. Die Verbands-Trennarten kommen hier in keiner Gruppe mehr vor.

Einen dritten, im Untersuchungsgebiet aufgrund der Höhenlage nur sehr geringflächig vertretenen Typus des *Thlaspietum rotundifolii* stellt schließlich die Aufnahme 48 in Tab. 18.2 dar, die unterhalb der Plattumrahmung und knapp oberhalb der Knorr-Hütte in 2057 m durchgeführt wurde. Obwohl sie lediglich 8 Arten aufweist, so deutet doch die Anwesenheit der ansonsten in keiner Aufnahme dieser Gesellschaft vorkommenden Arten *Rumex scutatus* sowie *Silene vulgaris subsp. alpina* die erheblich größere klimatische Gunst an, die diesem Standort zuteil wird. EGGENSBERGER (1993) konnte die Klassencharakterart *Rumex scutatus* für die Ammergauer Alpen ebenfalls in tiefer gelegenen Flächen der Täschelkraut-Halde nachweisen und spricht in diesem Zusammenhang von einer „Subassoziation“ vorwiegend subalpiner Lagen des *Thlaspietum rotundifolii*.

5.5.1.2.1.2 Assoziation *Leontodontetum montani* JENNY-LIPS 1930

Lässt die Aktivität innerhalb der Schutthalden nach, kommt es auf den Täschelkrauthalden des Zugspitzplatts unterhalb etwa 2500 m zunehmend zum Eindringen des Berglöwenzahns (*Leontodon montanus*). Damit vollzieht sich ein gesellschaftlicher Wandel hin zum *Leontodontetum montani* (Berglöwenzahn-Halde). Gegenüber dem *Thlaspietum rotundifolii* ist diese Entwicklung typisch für Standorte mit zumindest oberflächlich verfestigtem Schutt mit höherem Feinbodenanteil und größerem Wärmebedürfnis, was zu einer Bevorzugung südlich exponierter Lagen führt (ENGLISCH et al. 1993). SEIBERT (1974) erwähnt zudem einen gegenüber der Täschelkraut-Halde dichteren Vegetationsschluss. Diese Autoren sprechen zudem im Zusammenhang mit den Berglöwenzahn-Halden der Nördlichen Kalkalpen von einer „Nordalpinen Rasse“ (SEIBERT 1974), die sich besonders durch eine geringere Artenvielfalt gegenüber Beständen anderer Alpenregionen auszeichnet. EGGENSBERGER (1993) führt in diesem Zusammenhang neben einer glazialen und postglazialen Artenverarmung der Gesellschaft noch die für die Nordalpen typischen geologischen Verhältnisse als mögliche Begründung an.

Im Untersuchungsgebiet konnten die in Tab. 19 dargestellten 10 Aufnahmen 175-143 dem *Leontodontetum montani* zugerechnet werden. Zwar kommt die namensgebende Charakterart *Leontodon montanus* (Abb. 45) auch in anderen Aufnahmen als Begleitart vor, doch müssen solche Aufnahmen aufgrund des weiteren Arteninventars anderen Gesellschaften wie z.B. dem *Arabidetum caeruleae* zugerechnet werden. Die von ENGLISCH et al. (1993) im Zusammenhang mit der Berglöwenzahn-Halde genannten Kennarten *Cerastium latifolium* und *Sedum atratum* sowie die Assoziations-Differentialart *Moehringia ciliata* wurden für die dieser Arbeit zugrunde liegenden Aufnahmen nicht entsprechend berücksichtigt, da sie die Assoziation für das Untersuchungsgebiet nur unzureichend gegenüber dem *Thlaspietum rotundifolii* zu differenzieren vermögen. Es wurden somit für die Gesellschafts-Rangstufe lediglich die von SEIBERT (1974) genannten Kenn- bzw.

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Trennarten *Leontodon montanus* und *Gnaphalium hoppeanum* herangezogen. Letztere kommt in 60% der Aufnahmeflächen vor (gegenüber 17,65% in den Flächen des *Thlaspietum rotundifolii*) und ist mit einer Ellenberg-Feuchtezahl von 7 ein guter Indikator für die aufgrund des höheren Feinbodenanteils tendenziell feuchteren Berglöwenzahn-Halden.

Tab. 19: Die Berglöwenzahn-Halden des Zugspitzplatts.

Aufnahme	175	94	217	65	261	78	291	91	174	143
Höhe	2393	2423	2392	2377	2378	2487	2258	2475	2403	2321
Exposition	ONO	OSO	SSO	SO	SO	O	S	SSO	SSW	NW
Neigung (°)	35	10	2	15	20	5	0	10	20	15
Höhe Kra.	30	10	7,5	10	5	10	5	15	15	7,5
Deck. Kra. (%)	5	8	40	10	10	5	40	8	5	5
Deck. Moos (%)	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5
Aufnahmefläche (m²)	36	8	9	10	9	15	4	6	16	9
AC										
<i>Leontodon montanus</i>	1	1	2m	2m	1	1	+	1	1	1
DA										
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	1	.	1	r	r	.	1	.	.	+
VC										
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	1	1	r	1	r	r	.	+	1	+
<i>Saxifraga aphylla</i>	.	1	.	1	.	.	.	1	1	.
<i>Achillea atrata</i>	.	1	.	1	1	.	1	.	.	.
<i>Pritzelago alpina</i>	.	+	.	1	.	.	.	+	+	.
<i>Cerastium latifolium</i> (AC)	+	+	.	.	.	+	.	1	.	.
<i>Valeriana supina</i>	+	+	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Papaver sendtneri</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
DV										
<i>Veronica aphylla</i>	1	r	2m	+	r	.	.	.	.	.
<i>Festuca quadriflora</i>	.	.	1	.	.	2m	1	.	.	.
<i>Saxifraga moschata</i>	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Festuca alpina</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
OC										
<i>Poa minor</i>	1	2m	1	.	2m	.	1	1	1	1
<i>Moehringia ciliata</i> (DA)	+	1	.	1	+	2m	.	1	+	+
<i>Sedum atratum</i> (AC)	+	1	r	r	1	.	.	+	.	+
<i>Arabis bellidifolia</i>	+	1	.	1	1	+	.	1	.	.
<i>Campanula cochlearifolia</i>	1	r	.	1	.	.	.	.	.	.
DO										
<i>Taraxacum alpinum</i>	1	.	.	.	+	.	1	.	.	r
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	1	.	1	.	.	.	.	.	+	.
<i>Festuca rupicaprina</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Viola biflora</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aster bellidiastrum</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
KC										
<i>Salix serpyllifolia</i>	+	.	2a	.	.	r	2a	.	.	.
<i>Linaria alpina</i>	+	1	.	.	1	.	.	.	+	.
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter										
<i>Silene acaulis</i>	1	r	2a	.	.	1	1	.	.	.
<i>Ranunculus alpestris</i>	+	2m	r	1	.	.	1	.	.	.
<i>Bistorta vivipara</i>	1	+	2m	.	.	.	2m	.	.	.
<i>Carex ornithopodioides</i>	1	+	2m	1	.	.	.	.	.	.
<i>Minuartia sedoides</i>	.	.	r	r	.	1	.	1	.	.
<i>Poa alpina</i>	1	.	.	2a	.	1	.	.	.	.
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	.	1	2m	1	.	.	.	.	.
<i>Petrocallis pyrenaica</i>	.	.	.	.	.	1	.	+	1	.
<i>Veronica alpina</i>	.	+	.	.	1	.	.	.	.	1
<i>Potentilla brauneana</i>	r	.	.	.	+	.	1	.	.	.
<i>Saxifraga stellaris</i>	r	r	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Carex parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Androsace chamaejasme</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Homogyne alpina</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Soldanella alpina</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carduus defloratus</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex firma</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix retusa</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Salix waldsteiniana</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Draba tomentosa</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Saxifraga androsacea</i>	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Cystopteris alpina</i>	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.

Mit einer mittleren Artenanzahl von 15,9 ist das *Leontodontetum montani* mehr als doppelt so artenreich wie das *Thlaspietum rotundifolii* (7,61 Arten). Unter den Begleitarten ist der

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Anteil der Rasenarten ebenfalls gegenüber der Täschelkrauthalde erhöht. Dass unter günstigen Umständen eine entsprechende Weiterentwicklung der Gesellschaft hin zum Caricetum firmæ möglich ist, wurde in Kapitel 5.3.1.1.2.1 bereits erörtert. Auch kommen in den Aufnahmen einige Arten vor, die zu den Schneetälchen-Gesellschaften der Arabidetalia caeruleae vermitteln (*Gnaphalium hoppeanum*, *Salix retusa*, *Salix serpyllifolia*, *Saxifraga stellaris*). Da zudem *Leontodon montanus* auch in das Arabidetum caeruleae eindringt (Tab. 17.1), ist die Ursache hierfür in Standortbedingungen zu suchen, die beide Gesellschaften gemein haben. Dies sind Standorte mit geringer Schuttbewegung, einem hohen Anteil an Feinboden sowie erhöhter Bodenfeuchte.



Abb. 45: *Leontodon montanus*. Die namensgebende Charakterart des Leontodontetum montani auf inaktiven Schutt des Wettersteinkalks. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

Gegenüber den durch Credner (1995) erhobenen Aufnahmen ist das Verbreitungsgebiet der Bergglöwenzahn-Halde auf dem Zugspitzplatt nach oben zu korrigieren. Die dort mit 2350 m angegebene obere Verbreitungsgrenze der Assoziation liegt aktuell über 100 m höher und gut entwickelte Bergglöwenzahn-Halden sind besonders auf dem südlichen Zugspitzplatt noch auf deutlich über 2400 m anzutreffen (Aufnahmen 94; 78; 91). Schließlich ist zu erwähnen, dass die Verbandscharakterart *Valeriana supina* nur in Aufnahmen des Leontodontetum montani auf dem Zugspitzplatt festgestellt werden konnte und in den Aufnahmen zum Thlaspietum rotundifolii fehlt. Dies deckt sich mit Beobachtungen durch SAITNER & PFADENHAUER (1992) für das Dammkar. CREDNER führt diese Art für Aufnahmen, die in einer Tabelle zum Thlaspietum rotundifolii zusammengefasst sind, ohne die Gesellschaftszugehörigkeit näher zu differenzieren. Eine genaue Betrachtung des Arteninventars dieser Aufnahmen lässt jedoch auch hier eine Klassifizierung der Flächen mit *Valeriana supina* als Bergglöwenzahn-Halden angeraten erscheinen.

5.5.2 Klasse Betulo-Adenostyletea BR. -BL. et TX. 1943 nom. Invalid.**5.5.2.1 Ordnung Adenostyletalia** G. BR. -BL. et J. BR. -BL. 1931**5.5.2.1.1 Verband Adenostylion alliariae** BR. -BL. 1926**5.5.2.1.1.1 Assoziation Cicerbitetum alpinae** BOLLETER 1921

In einer durch die Verkarstung erweiterten Felsspalte im Bereich des Latschengürtels an der unteren Grenze des Untersuchungsgebiets wurde bereits zu Beginn der Geländearbeiten 2009 eine Aufnahme erhoben, welche eine an Kenn- und Trennarten verarmte Gesellschaft des zu den alpinen Hochstaudenfluren zählenden Cicerbitetum alpinae darstellt. Diese ist in Tab. 20 dargestellt. Im Zuge der weiteren Geländearbeiten konnte keine zweite Fläche mit entsprechender Vegetation lokalisiert werden, so dass es sich hierbei vermutlich um einen Sonderstandort für das Zugspitzplatt handelt. Deshalb kann die gesellschaftliche Zuordnung der Aufnahme nur unter Vorbehalt erfolgen. In anderen Arbeiten zum Untersuchungsgebiet (ZÖTTL 1950; REHDER 1970; CREDNER 1995) fehlen entsprechende Aufnahmen. Auf regionaler Ebene beschreibt dagegen WEBER (1981) eine Hochstaudenflur aus dem Mieminger-Gebirge, welche sich jedoch als wesentlich artenreichere Ausbildung der Gesellschaft darstellt.

Tab. 20: An Kennarten verarmte Aufnahme des Cicerbitetum alpinae.

Höhe	12		
Exposition	1997		
Neigung (°)	NO	Begleiter	
Höhe Kra.	10	Arabis alpina	2a
Deck. Kra. (%)	40	Asplenium viride	1
Deck. Moos (%)	60	Cystopteris alpina	1
Aufnahmefläche (m ²)	20	Polystichum lonchitis	1
	2	Veronica aphylla	+
VC/OC		Galium anisophyllum	+
Adenostyles alliariae	2a	Euphrasia salisburgensis	+
Saxifraga rotundifolia (DA)	1	Epilobium anagallidifolium	+
KC		Festuca alpina	+
Viola biflora	2a	Gnaphalium hoppeanum	+
		Bistorta vivipara	r
		Pinguicula alpina	r

Die Gesellschaft wird von OBERDORFER (1973b) und KARNER & MUCINA (1993) als eine offene Hochstaudenflur auf nährstoffreichen Böden beschrieben, vorwiegend in der subalpinen Vegetationsstufe verbreitet, die häufig eine anthropogene Ersatzgesellschaft darstellt. Natürliche Standorte der Gesellschaft sind schattige Hänge oder feuchter Schutt in Schneerunsen und Lawinenbahnen. Zusätzlich kann die Gesellschaft in Dolinen ausgebildet sein, da der sich dort ansammelnde Schnee einen entsprechenden Nährstoffeintrag gewährleistet. Diese letztgenannten Standortbedingungen stimmen weitgehend mit dem Standort der hier beschriebenen Aufnahme überein.

Wie oben angesprochen, kommen in der Aufnahme 12 (Abb. 46) lediglich zwei Kennarten auf Verbands- bzw. Ordnungsebene (*Adenostyles alliariae*; *Saxifraga rotundifolia*) vor sowie eine Klassencharakterart (*Viola biflora*). Unter den Begleitern sind Arten der Thlaspietea rotundifolii sowie der Elymo-Seslerietea sowie die drei auf dem Zugspitzplatt auftretenden

Die Vegetation des Zugspitzplatts

Farn-Arten (*Asplenium viride*; *Cystopteris alpina*; *Polystichum lonchitis*) vertreten. Somit besteht bei den letztgenannten vier Arten eine entfernte Ähnlichkeit zu der alpin verbreiteten *Viola biflora*-Gesellschaften (siehe Kapitel 5.4.), was eine Konsequenz der dort ebenfalls verhältnismäßig feuchten und auch relativ nährstoffreichen Standortbedingungen sein dürfte.

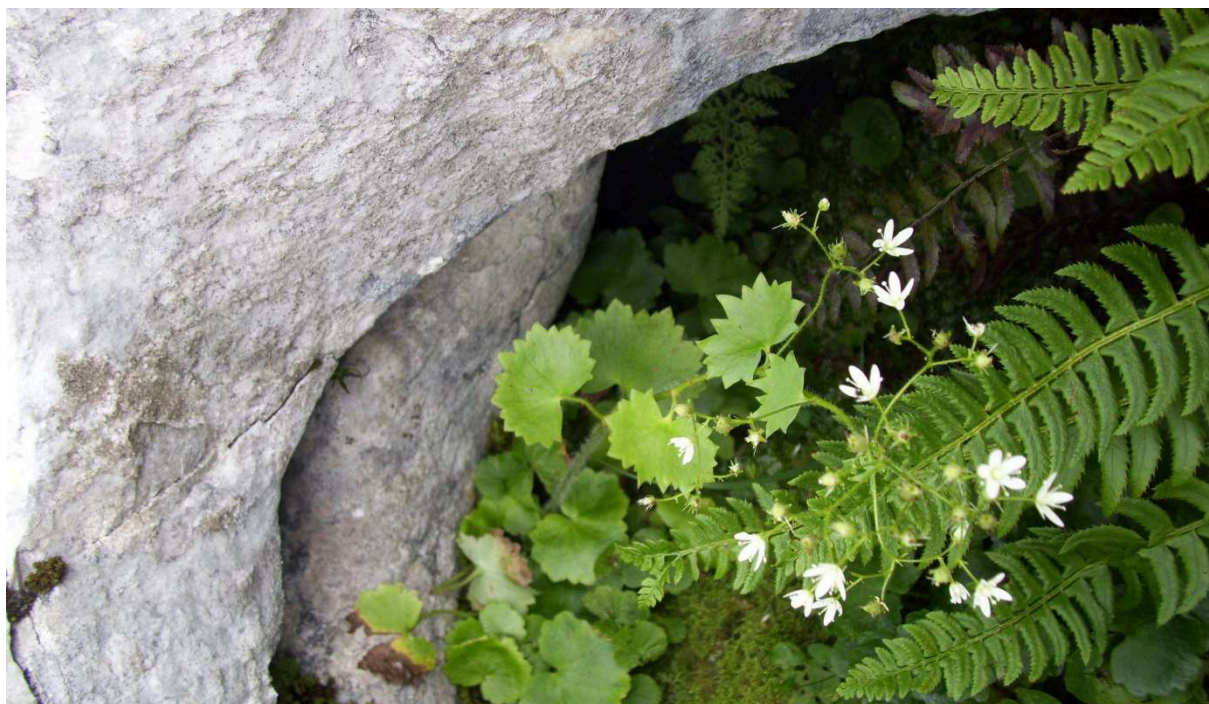


Abb. 46: Ausschnitt aus Aufnahme­fläche 12 mit *Saxifraga rotundifolia*, *Viola biflora* und *Polystichum lonchitis*. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

5.6 Vegetationslose Flächen auf dem Zugspitzplatt

Nach einer früheren Schätzung (WÜNSCHE 1997; zit. in HÜTTL 1999) besteht die Oberfläche des Zugspitzplatts zu 52% aus Schutt, zu 32% aus anstehendem Festgestein und nur 16% der Fläche sind von Vegetation (und Boden) bedeckt. Grundlage für diese Zahlen ist die Auswertung entsprechender Luftbilder und topographischer Karten. Als Ergebnis der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Vegetationsaufnahme muss jedoch besonders der für die Vegetationsbedeckung angenommene Wert stark angezweifelt werden. Auf Grundlage einer nur auf der Fernerkundung basierenden Auswertung der Plattoberfläche können große Teile der Vegetation nicht erfasst werden, da sie aufgrund des verkleinerten Maßstabs der Luftbilder bzw. Karten nicht sichtbar sind bzw. der notwendigen Generalisierung (KOHLSOCK 2010) zum Opfer fallen. Schon im Gelände erscheinen dabei oft Flächen auf den ersten Blick frei von jeglichem Pflanzenbewuchs, bei genauerem Hinsehen ist jedoch eine mehrere Arten umfassende Assoziation am entsprechenden Standort ausgebildet (Abb. 47). Dies gilt besonders für die oft nur relativ geringdeckenden Gesellschaften der subnivalen Zone. Dass sich daraus ebenfalls Schwierigkeiten bei der Abschätzung der Flächenanteile des Zugspitzplatts ergeben, auf dem aktuell Bodenbildung möglich erscheint, wurde in Kapitel 4.5 erläutert.



Abb. 47: Berglöwenzahn-Halde auf dem nordwestlichen Zugspitzplatt. Auf den ersten Blick erscheint die Fläche weitgehend vegetationslos. Der vergrößerte Ausschnitt links unten zeigt jedoch eine gut entwickelte Schuttgesellschaft. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

Dennoch wurden im Zuge der ausgiebigen und flächendeckenden Geländebegehungen während des Untersuchungszeitraums jenseits nackter Felsflächen Bereiche auf dem Zugspitzplatt festgestellt, die aktuell weitestgehend frei von Vegetation sind. Im Bereich um das SonnAlpin konnte großflächig auf den im Winter als Skipisten genutzten Flächen keinerlei Pflanzenbewuchs gefunden werden. Generell sind alle Skipisten, die oberhalb von 2300 m gelegen sind, wenn überhaupt, nur von oft weit auseinander stehenden Pflanzenindividuen bewachsen. Hierbei dominieren dann wie in Kapitel 5.5.1.1.1.2 erläutert Arten des *Arabidetum caeruleae*.

Ebenfalls praktisch vegetationsfrei präsentieren sich die Schuttflächen in unmittelbarer Nachbarschaft zu den beiden Schneefernern sowie der höher gelegene Bereich des sog. Oberen „Weißen Tals“ im nordwestlichen Untersuchungsgebiet (Abb. 48). Der Grund hierfür dürfte in der noch nicht eingesetzten Besiedelung rezent eisfrei gewordener Flächen bzw. in geländeklimatisch für den Pflanzenwuchs zu ungünstigen Bedingungen zu suchen sein. Letztere ergeben sich für das obere Weiße Tal aufgrund immer wieder übersommernden Schnees am Fuße der Wand des Zugspitzgipfels. Hier im Bereich des mittlerweile abgeschmolzenen Östlichen Schneefernens (siehe Kapitel 4.3) wird die winterliche Schneedecke zusätzlich durch Lawinen aus dem Bereich des Zugspitzgipfels genährt, so dass eine vollkommene Ausaperung nur nach schneearmen Wintern und bzw. warmen und trockenen Sommern auftritt. Da somit keine jährlich stattfindende Vegetationsperiode gewährleistet ist, kann sich in diesem Bereich kein Pflanzenwuchs etablieren.

Diese vegetationslosen Flächen des Zugspitzplatts sind aber kleinräumig durch das Geländeklima bedingt. In höhergelegenen Bereichen tritt durchaus wieder Pflanzenwuchs auf. So steht dies in keinem Widerspruch zur Verneinung einer aktuell auf dem Zugspitzplatt vorhandenen nivalen Höhenstufe, wie in Kapitel 5 dargelegt.



Abb. 48: Das obere Weiße Tal, in dem 2009 teilweise Altschnee übersommerte. Aufgrund dieser nicht alljährlich stattfinden Ausaperung kann sich dort aktuell noch keine Vegetation etablieren. (Aufnahme: Oliver Korch 2009).

5.7 Zusätzlich erfasste Arten

In Tab. 21 sind alle Arten aufgelistet, die im Zuge der Projektarbeiten zwar erfasst und bestimmt werden konnten, jedoch in keiner der dieser Arbeit zugrunde liegenden Vegetationsaufnahmen bzw. ebenso nicht in einer der Wiederaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen (siehe Kapitel 6 ff.) vorkommen. Das ist der Tatsache geschuldet, dass auch Zufallsfunde von Arten auf dem Weg zu und von den eigentlichen Aufnahmeflächen in einer Artenliste des Untersuchungsgebiets verzeichnet wurden. Dies geschah mit der Absicht, möglichst das komplette aktuelle Arteninventar der Gefäßpflanzen (komplette Artenliste im Anhang dieser Arbeit) des Zugspitzplatts zu erfassen. Auch wurden gelegentlich einzelne Pflanzenindividuen an ansonsten vegetationslosen Standorten vorgefunden und erfasst.

Tab. 21: Erfasste, in den Einzelaufnahmen nicht verzeichnete Pflanzen-Taxa und die jeweils korrespondierende pflanzensoziologische Vegetationseinheit.

Art	Vegetationseinheit
<i>Anthyllis vulneraria subsp. alpestris</i>	Elymo-Seslerietea
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Alno-Ulmion
<i>Doronicum grandiflorum</i>	Thlaspietalia rotundifolii
<i>Gentiana bavarica</i>	Arabidion caeruleae
<i>Gypsophila repens</i>	Thlaspietea rotundifolii
<i>Picea abies</i>	Vaccinio-Pinion
<i>Rhinanthus glacialis</i>	Nardion
<i>Solidago virgaurea</i>	Nardion
<i>Trifolium thalii</i>	Poion alpinae

Von den acht in Tab. 21 zusammengefassten Arten, sind *Chrysosplenium alternifolium*, *Picea abies*, *Rhinanthus glacialis*, *Solidago virgaurea* (Abb. 49) und *Trifolium thalii* bisher noch nicht für das Untersuchungsgebiet beschreiben worden.



Abb. 49: Die für das Zugspitzplatt erstmals nachgewiesene *Solidago virgaurea*. (Aufnahme: Oliver Korch 2013).

Rhinanthus glacialis und *Solidago virgaurea* stellen hierbei zwei Arten dar, die dem Verband des Nardion (siehe Kapitel 5.3.2.1.1) zugerechnet werden. Beide konnten im Bereich des Gatterls unmittelbar vor der Landesgrenze gefunden werden. Da die Vegetation jenseits der Grenze auf der Tiroler Seite aufgrund der dort anstehenden, tiefgründig verwitternden mergeligen Gesteine wesentlich üppiger ausgebildet ist als auf dem unteren Zugspitzplatt (unter anderem gut ausgebildete Rasen des Seslerio-Caricetum sempervirentis), dürfte es sich bei den beiden genannten Arten lediglich um Vorposten dieser Pflanzengesellschaften handeln.

Doronicum grandiflorum und *Gypsophila repens* sind Vertreter tieferer Formen der Thlaspietalia bzw. Thlaspietea rotundifolii und scheinen im Untersuchungsgebiet recht selten zu sein. Ebenso scheint dies für *Gentiana bavarica* (Verband des Arabidion caeruleae) und *Anthyllis vulneraria subsp. alpestris* (Klasse der Elymo-Seslerietea) zu gelten. *Chrysosplenium alternifolium* (Alno-Ulmion) und *Trifolium thalii* (Poion alpinum) stellen dagegen Einzelarten ansonsten nicht auf dem Zugspitzplatt aktuell vertretener Verbände dar.

Bemerkenswert ist auch der Fund einer jungen Fichte (*Picea abies*) im Bereich des südlichen Bergsturzgeländes in knapp 2200 m Höhe (Abb. 50). Das Exemplar vermag hier, weit oberhalb der aktuellen klimatischen Verbreitungsgrenze für diese Baumart in der subalpinen Stufe (REISIGL & KELLER 1989) dank einer südlichen Exposition und durch die relativ geschützte Lage im Windschatten eines Felsblocks zu existieren. Es ist mit ca. 30 cm sehr

Die Vegetation des Zugspitzplatts

niedrigwüchsig, so dass es durch die winterliche Schneedecke vor widrigen Witterungsverhältnissen weitestgehend geschützt scheint. Zum gedrungenen, buschigen Wuchs scheint aber auch eine Schädigung durch Verbiss beizutragen, die vermutlich durch die im Bergsturzgelände im Vergleich zum restlichen Untersuchungsgebiet häufig anzutreffenden Gämsen hervorgerufen wird. Es ist zu vermuten, dass diese beiden Faktoren die Pflanze dauerhaft daran hindern werden, einen nennenswerten Zuwachs in die Höhe zu erreichen.



Abb. 50: Vermutlich durch Verbiss geschädigte Fichte auf dem südlichen Bergsturzgelände in ca. 2200 m Höhe. (Aufnahme: Oliver Korch 2010).

5.8 Kryptogamen

Wie in Kapitel 3.1 erläutert, erfolgte im Zuge der Erhebung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Vegetationsaufnahmen keine Erfassung etwaig vorkommender Kryptogamen auf Gattungs- oder Artebene. Allerdings wurde im Rahmen einer im Kontext von Höhenzug auf dem Zugspitzplatt erstellten Zulassungsarbeit (KILIAN 2011) der Versuch unternommen, eine Artenliste der Flechten und Moose des Zugspitzplatts zu erstellen. Diese ist, ergänzt um weitere Moos- und Flechtenarten, die mit der Hilfe von Herrn KARL OFFNER im Herbst 2009 bestimmt werden konnten, in Tab. 22 wiedergegeben. Es ist hierzu anzumerken, dass diese Tabelle, aufgrund der begrenzten Zeit, die der Verfasserin für die Probensammlung im Gelände zur Verfügung stand, höchstwahrscheinlich nicht als vollständig erachtet werden kann. Zudem besteht bei der Bestimmung mancher Flechten auf Artebene eine gewisse Unsicherheit, da nach Meinung von befragten Experten eine solche Bestimmung teilweise sehr aufwändig ist (KILIAN 2011).

Dennoch kann diese Tabelle als Orientierung für die aktuell im Untersuchungsgebiet vorhandene Kryptogamenflora herangezogen werden. Besonders im Hinblick auf die weitere Erforschung des Zugspitzplatts stellt sie zwar eine Grundlage dar, die jedoch künftig noch

Die Vegetation des Zugspitzplatts

erheblich erweitert und auf eine entsprechend breitere Datenbasis gestellt werden muss, nicht zuletzt um die bisherigen Befunde abzusichern.

Tab. 22: Die Flechten und Moose des Zugspitzplatts. (Nach KILIAN 2011. Erweitert und ergänzt).

Moose	Flechten
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	<i>Caloplaca epiphyta</i>
<i>Brachythecium glareosum</i>	<i>Cetraria islandica</i>
<i>Bryum capillare</i>	<i>Cladonia crispata</i>
<i>Bryum elegans</i>	<i>Cladonia metacorallifera</i>
<i>Bryum neodamense</i>	<i>Cladonia rangiferina</i>
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	<i>Cladonia symphylicarpa</i>
<i>Bryum spec.</i>	<i>Cladonia pyxidata</i>
<i>Bryum schleicheri</i>	<i>Collema cristatum</i>
<i>Campylium calcareum</i>	<i>Diploschistes muscorum</i>
<i>Ctenidium molluscum</i>	<i>Megaspora verrucosa</i>
<i>Dichodontium pellucidum</i>	<i>Pseudovernia furfuracea</i>
<i>Didymodon asperifolius</i>	<i>Psora decipiens</i>
<i>Dicranum spadiceum</i>	<i>Solorina saccata</i>
<i>Dydymodon vinealis</i>	<i>Stereocaulon spec.</i>
<i>Ditrichum flexicaule</i>	<i>Thammolia vermicularis</i>
<i>Polytrichum juniperum</i>	<i>Verrucaria spec.</i>
<i>Pseudoleskea incurvata</i>	<i>Xanthoria elegans</i>
<i>Pseudoleskeella catenulata</i>	
<i>Rhytidium rugosum</i>	
<i>Tortella bambergeri</i>	
<i>Tortella densa</i>	
<i>Tortella tortuosa</i>	
<i>Tortula calcicolens</i>	
<i>Tortula norvegica</i>	

6. Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Nachfolgend werden die bisher erzielten Ergebnisse des seit 2010 betriebenen Dauermonitorings (siehe Kapitel 3.3) vorgestellt. Unter den jeweiligen Tabellen ist deren Lage im Untersuchungsgebiet in UTM-Koordinaten vermerkt. Rot unterlegt ist dabei immer eine negative Entwicklung gegenüber der vorherigen Aufnahme sowohl im Bereich der Einzelarten als auch auf die Gesamtaufnahme bezogen. Ist ein Wert dagegen grün hinterlegt, ergab sich eine positive Veränderung. Unveränderte Werte sind ohne farbliche Markierung dargestellt. Die Zeile „Änder(ung) gegenüb(er) vorangeg(angener) Aufn(ahme)“ beschreibt das Verhältnis der Zu- bzw. Abnahme der Artmächtigkeit der Einzelarten unabhängig von ihrem jeweiligem Ausmaß.

Seit Beginn des Monitorings wurden dabei auf dem Zugspitzplatt insgesamt 42 Dauerbeobachtungsflächen angelegt. Nach einer kritischen Überprüfung der bisher vorliegenden Daten mussten aufgrund offensichtlicher Fehler die Ergebnisse von vier dieser Flächen zumindest vorläufig herausgenommen werden. Diese Fehler sind einerseits darin begründet, dass Flächen bei der Neuaufnahme aufgrund morphodynamischer Prozesse nicht mehr eindeutig zu lokalisieren waren, so dass die Wiederaufnahmen offensichtlich nicht deckungsgleich durchgeführt wurden. In zwei Fällen konnten den Neuaufnahmen keine Ursprungsaufnahmen mehr zugeordnet werden. Somit ergeben sich 38 Dauerbeobachtungsflächen, für die aktuell jeweils zwei bzw. drei Aufnahmen aus unterschiedlichen Jahren vorliegen. Hierbei erfolgt eine Gliederung der Monitoring-Flächen aufgrund der Zuordnung der jeweiligen Erstaufnahme zu einer der pflanzensoziologischen Tabellen in den Kapiteln 5 ff. Dass nicht alle identifizierten Assoziationen aktuell in den Monitoring-Flächen vertreten sind, ist in der teilweise erst später erfolgten Zuordnung der Einzelaufnahmen zu einer jeweiligen Pflanzengesellschaft begründet. Diese konnte oft erst später auf Grundlage von Vergleichsaufnahmen und somit einer allgemein breiteren Datenbasis zur Vegetation des Untersuchungsgebiets durchgeführt werden.

6.1 Das Monitoring der Flächen des *Seslerio-Caricetum sempervirentis*

Aus dem Aufnahmenkomplex zum *Seslerio-Caricetum sempervirentis* wurden bisher zwei Monitoring-Flächen eingerichtet (Tab. 23 und 24).

Die Erstaufnahme der Dauerbeobachtungsfläche 1 (Tab. 23; Abb. 27) erfolgte 2010 und ist zugleich die bisher artenreichste Aufnahme (49 Arten), die innerhalb des Untersuchungsgebiets erhoben werden konnte. Bei der erneuten Aufnahme dieser Fläche nur ein Jahr später konnten dagegen lediglich 40 Arten erfasst werden, wobei gleichzeitig die Deckung der Krautschicht von 90% auf 95% leicht zugenommen hatte. Die Höhe der Krautschicht blieb hingegen mit 35 cm unverändert. Insgesamt ist die Änderung gegenüber der Erstaufnahme mit -14 stark negativ. Dies betrifft sowohl die Kenn- und Trennarten als auch die Begleiter. 16 Arten konnten 2011 nicht mehr nachgewiesen werden und sieben neue Arten kamen stattdessen hinzu. Hierbei fällt besonders auf, dass in den

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Einzelaufnahmen unterschiedliche Gräser (*Festuca quadriflora*, *Festuca rupicaprina*, *Carex capillaris*, *Anthoxanthum alpinum*, *Agrostis alpina*) in ihrem Vorkommen stark schwanken.

Tab. 23: Dauerbeobachtungsfläche 1. RW: 0651433; HW: 5251761.

Jahr	2010	2011
Aufnahme	88	138
Höhe (m)	2075	2075
Exposition	0	0
Neigung (°)	25	25
Höhe Kra. (cm)	35	35
Deck. Kra. (%)	90	95
Deck. Moos (%)	3	2
Aufnahmefläche (m²)	15	15
DA		
Daphne striata	1	+
Dryas octopetala	2m	1
Erica carnea	1	.
VC		
Androsace chamaejasme	2m	2m
Carex firma	2m	1
Euphrasia salisburgensis	2m	1
Gentiana clusii	+	1
Helianthemum alpestre	1	1
DV		
Festuca quadriflora	.	2m
KC/OC		
Alchemilla hoppeana	1	1
Aster bellidiastrium	2m	.
Carduus defloratus	+	.
Galium anisophyllum	2m	2m
Gentiana nivalis	+	1
Gentianella aspera	1	+
Helianthemum grandiflorum	+	+
Scabiosa lucida	2a	2m
Sesleria albicans	1	2m
Veronica aphylla	2m	1
DO		
Carex capillaris	2m	.
Anthoxanthum alpinum	2m	.
Begleiter		
Agrostis alpina	2m	.
Alchemilla decumbens	+	.
Asplenium viride	r	.
Bistorta vivipara	2m	2m
Botrychium lunaria	1	+
Campanula scheuchzeri	2m	2m
Carex ornithopodioides	.	+
Carex sempervirens	2a	2a
Cerastium fontanum	1	+
Crepis jacquinii subsp. kernerii	r	.
Euphrasia minima	2m	+
Festuca rupicaprina	.	2m
Gentiana verna	.	1
Gnaphalium hoppeanum	1	.
Homogyne alpina	2m	+
Lotus corniculatus	+	1
Myosotis alpestris	+	1
Parnassia palustris	2m	1
Phyteuma orbiculare	+	.
Pinguicula alpina	+	1
Plantago media	.	+
Poa supina	r	.
Potentilla aurea	1	1
Potentilla brauneana	1	+
Primula farinosa	1	.
Ranunculus alpestris	.	+
Ranunculus montanus	1	.
Rhododendron hirsutum	1	r
Sagina saginoides	+	1
Silene acaulis	+	+
Soldanella alpina	2m	.
Taraxacum alpinum	r	.
Trifolium pratense	2m	2m
Trifolium repens	.	1
Viola biflora	.	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-14
Artenanzahl	49	40

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

In beiden Aufnahmejahren konnte festgestellt werden, dass die Dauerbeobachtungsfläche 1 häufig von den Schafen aufgesucht und entsprechend bestoßen wird. Da diese Bestoßung durch Schafe häufig sehr stark selektiven Charakter bis hin zum Ausreißen ganzer Pflanzen haben kann (PILS 1994), muss davon ausgegangen werden, dass die Ursache für die großen Unterschiede beider Aufnahmen bezüglich des Arteninventars und der Artmächtigkeit hier zu suchen ist.

Die Dauerbeobachtungsfläche 2 (Tab. 24) ist ebenfalls dem Komplex der artenreichen Rasen mit *Carex sempervirens* auf dem unteren Zugspitzplatt zuzurechnen.

Tab. 24: Dauerbeobachtungsfläche 2. RW: 0651365; HW: 5252019.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	186	232
Höhe (m)	2060	2060
Exposition	O	O
Neigung (°)	15	15
Höhe Kra. (cm)	30	30
Deck. Kra. (%)	20	30
Deck. Moos (%)	1	2
Aufnahmefläche (m²)	10	10
VC		
Androsace chamaejasme	+	1
Carex firma	2a	2b
Euphrasia salisburgensis	1	1
Gentiana clusii	r	+
Helianthemum alpestre	r	.
Sedum atratum	+	.
DV		
Festuca quadriflora	1	1
KC/OC		
Alchemilla hoppeana	+	.
Aster bellidiastrum	+	.
Galium anisophyllum	1	1
Gentiana verna	.	+
Gentianella aspera	1	1
Scabiosa lucida	1	1
Sesleria albicans	1	1
Veronica aphylla	1	.
Begleiter		
Achillea atrata	+	.
Arabis bellidifolia	r	.
Asplenium viride	1	+
Bistorta vivipara	2m	1
Campanula scheuchzeri	1	1
Carex capillaris	1	.
Carex ornithopodioides	.	1
Carex parviflora	1	.
Carex sempervirens	+	1
Euphrasia minima	.	1
Gnaphalium hoppeanum	1	.
Homogyne alpina	1	2m
Minuartia sedoides	r	r
Potentilla brauneana	1	2m
Ranunculus alpestris	1	1
Ranunculus montanus	+	.
Salix retusa	r	r
Selaginella selaginoides	r	.
Silene acaulis	+	+
Soldanella alpina	1	.
Taraxacum alpinum	r	.
Viola biflora	+	1
And. gegenüb. vorangeg. Aufm.	.	-6
Artenanzahl	34	23

Die beiden dem Monitoring zugrunde liegenden Aufnahmen erfolgten 2011 und 2012. Ähnlich wie bei der vorangegangenen Aufnahme ist ein deutlicher Rückgang der erfassten Artenanzahl zu erkennen. Die Veränderung der Einzelarten beträgt -6 und fällt somit deutlich

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

geringer aus. 2012 konnte 14 Arten nicht mehr nachgewiesen werden, drei kamen dagegen neu hinzu. Ebenso nahm der Deckungswert der Krautschicht zu, die Höhe blieb dagegen unverändert.

Auch bei dieser Fläche muss davon ausgegangen werden, dass der Artenbestand und die Artmächtigkeit der Aufnahme­fläche durch eine stattfindende Beweidung stark beeinflusst wird. Der zeitliche Abstand zur letzten Bestoßung muss hierbei vor dem Aufnahmezeitpunkt unterschiedlich lang gewesen sein, was sich in den zwei sehr unterschiedlichen Aufnahmeergebnissen manifestiert.

6.2 Das Monitoring der Flächen des Caricetum firmae

Die Dauerbeobachtungsfläche 3 (Tab. 25) umfasst einen Polsterseggen-Rasen mit verstärkter Ansiedelung von Säurezeigern (Siehe Kapitel 5.3.1.1.2.1).

Tab. 25: Dauerbeobachtungsfläche 3. RW: 0651415; HW: 5251778.

Jahr	2010	2011
Aufnahme	87	139
Höhe (m)	2080	2080
Exposition	NO	NO
Neigung (°)	20	20
Höhe Kra. (cm)	30	20
Deck. Kra. (%)	85	75
Deck. Moos (%)	5	3
Aufnahme­fläche (m²)	10	10
AC/VC		
Androsace chamaejasme	2m	1
Carex firma	2m	1
Chamorchis alpina	1	1
Crepis jacquinii subsp. kernerii	r	.
Euphrasia salisburgensis	2m	1
Festuca quadriflora	.	2m
Gentiana clusii	1	1
DV/DA		
Dryas octopetala	2b	2a
Ranunculus alpestris	2m	1
KC/OC		
Galium anisophyllum	+	.
Gentiana nivalis	r	.
Gentiana verna	1	.
Leontodon hispidus	r	.
Veronica aphylla	1	+
DO		
Anthoxanthum alpinum	1	.
Carex capillaris	1	r
Begleiter		
Agrostis alpina	2m	.
Bistorta vivipara	2m	1
Campanula scheuchzeri	1	2m
Carex ornithopodioides	.	+
Crepis aurea	.	+
Euphrasia minima	2m	.
Festuca rupicaprina	1	.
Homogyne alpina	1	1
Huperzia selago	+	r
Loiseleuria procumbens	r	.
Parnassia palustris	2m	1
Pinguicula alpina	+	r
Potentilla brauneana	+	.
Primula auricula	r	+
Rhododendron hirsutum	2b	2a
Selaginella selaginoides	2m	+
Soldanella alpina	2m	1
Tofieldia calyculata	2m	1
Vaccinium gaultherioides	+	1
Vaccinium myrtillus	+	.
Viola biflora	+	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-25
Artenanzahl	34	25

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Die jeweiligen Aufnahmen der Fläche erfolgten 2010 und 2011. Hierbei kam es 2011 zu einer Abnahme der erfassten Artenanzahl um zehn Arten. Bei der zweiten Aufnahme konnten 13 Arten nicht mehr vorgefunden werden, drei kamen dagegen neu hinzu. Die Veränderung erreicht mit -26 einen sehr hohen Wert. Gleichzeitig nahmen die Deckung der Krautschicht um 10% sowie deren Höhe um 10 cm ab.

Es ist festzustellen, dass bis auf *Agrostis alpina* und *Euphrasia minima* (jeweils 2010: 2m 2011: kein Nachweis) nur Arten nicht mehr auftraten, die mit ≤ 1 eine relativ geringe Artmächtigkeit aufwiesen. Bei den hinzugekommenen bzw. 2011 zugenommenen Arten fällt am deutlichsten *Festuca quadriflora* auf. Während letzteres mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder auf die Beweidung zurückzuführen ist, liegt bei den meisten der anderen Befunde der Verdacht nahe, dass sich die unterschiedlichen Werte auch auf einen zum Zeitpunkt der jeweiligen Aufnahme (19.08. bzw. 01.08) unterschiedlichen phänologischen Aspekt zurückführen lassen. Dass dieser letztgenannte Gesichtspunkt eine der Hauptschwierigkeiten im Zusammenhang mit einem Monitoring nicht nur auf dem Zugspitzplatt, sondern allgemein im Hochgebirge ist, wird in Kapitel 8.1 noch vertiefend diskutiert.

Bei der in Tab. 26 dargestellten Dauerbeobachtungsfläche 4 handelt es sich um einen an der oberen Verbreitungsgrenze der Assoziation (2439 m) im klimatisch begünstigten südwestlichen Untersuchungsgebiet gelegenen Polsterseggen-Rasen.

Tab. 26: Dauerbeobachtungsfläche 4. RW: 0649716; HW: 5251511.

Jahr	2010	2011	2012
Aufnahme	92	160	255
Höhe (m)	2439	2439	2439
Exposition	SSO	SSO	SSO
Neigung (°)	30	30	30
Höhe Kra. (cm)	13	17.5	15
Deck. Kra. (%)	60	60	75
Deck. Moos (%)	5	4	15
Aufnahmefläche (m ²)	15	15	15
VC/AC			
Carex firma	2b	2a	3
Euphrasia salisburgensis	1	1	2m
Festuca quadriflora	1	1	1
Minuartia verna subsp. gerardii	+	.	+
Saxifraga caesia	.	r	r
DV/DA			
Minuartia sedoides	r	r	.
Silene acaulis	r	+	r
KC/OC			
Sesleria albicans	2m	1	2m
Veronica aphylla	1	.	+
Begleiter			
Bistorta vivipara	.	1	2m
Botrychium lunaria	.	.	r
Campanula scheuchzeri	+	r	+
Carex ornithopodioides	.	.	2m
Euphrasia minima	.	.	1
Leontodon montanus	r	.	.
Poa minor	+	.	.
Salix retusa	2a	2a	2a
Salix serpyllifolia	2a	2a	2a
Saxifraga aphylla	.	.	r
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-4	9
Artenanzahl	13	11	16

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Die Aufnahme der Vegetation dieser Fläche erfolgte bisher dreimal in den aufeinander folgenden Jahren 2010, 2011 sowie 2012. Hierbei verringerte sich die Artenanzahl von ursprünglich 13 auf 11, um schließlich auf den höchsten Wert von 16 Arten anzusteigen. 2011 konnten im Vergleich zum Vorjahr dabei vier Arten nicht mehr gefunden werden, zwei kamen neu hinzu. Im darauffolgenden Jahr trat lediglich nur mehr eine Art nicht mehr auf, wohingegen sechs Arten hinzukamen, von denen zwei bereits in der Ursprungsaufnahme vermerkt sind. Der Veränderungswert der Einzelarten liegt 2011 bei -4, 2012 bei 9. Am deutlichsten fällt hierbei das erstmalige Auftreten von *Carex ornithopodioides* 2012 mit einem Wert von 2m bei ansonsten stets relativ geringen Veränderungen auf. Während die Höhe der Krautschicht über die Jahre nur gering schwankt, ist bei der Deckung der Kraut- aber auch der Moosschicht 2012 gegenüber den Vorjahren ein deutlicher Sprung zu erkennen (+15% bzw. +11%).

In einer Höhenlage, in der der Einfluss durch die weidenden Schafe merklich geringer ist als in den vorangegangenen Aufnahmen, übt vermutlich der in den Einzeljahren jeweils unterschiedliche Verlauf der Witterung verbunden mit der Mächtigkeit der winterlichen Schneedecke und deren Abschmelzzeitpunkt einen großen Einfluss auf die Vegetation der dort gelegenen Aufnahmeflächen aus. Auf diesen Faktor wird in den Kapiteln 7.1.2 f. noch Bezug genommen.

In der näheren Umgebung zur Fläche 4 befindet sich ein weiterer, in das Monitoring mit aufgenommenen Polsterseggen-Rasen (Tab. 27).

Tab. 27: Dauerbeobachtungsfläche 5. RW: 0649862; HW: 5251933.

Jahr	2011	2012	2013
Aufnahme	173	201	271
Höhe (m)	2410	2410	2410
Exposition	SSW	SSW	SSW
Neigung (°)	10	10	10
Höhe Kra. (cm)	20	17.5	7.5
Deck. Kra. (%)	30	30	30
Deck. Moos (%)	2	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	12	12	12
VC/AC			
<i>Carex firma</i>	2a	2a	2a
<i>Festuca quadriflora</i>	1	2m	1
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	.	.	r
<i>Saxifraga caesia</i>	r	.	r
<i>Sedum atratum</i>	.	.	r
DV/DA			
<i>Dryas octopetala</i>	.	r	+
<i>Ranunculus alpestris</i>	.	r	.
Begleiter			
<i>Bistorta vivipara</i>	1	2m	2m
<i>Botrychium lunaria</i>	.	.	r
<i>Leontodon montanus</i>	1	2m	1
<i>Minuartia sedoides</i>	.	r	r
<i>Petrocallis pyrenaica</i>	r	+	1
<i>Salix serpyllifolia</i>	2a	2a	2a
<i>Saxifraga androsacea</i>	.	+	.
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	r	r	r
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	7	2
Artenanzahl	8	11	13

Die Aufnahme dieser Fläche erfolgte bisher ebenfalls dreimal, allerdings in den Jahren 2011-2013. Hierbei nahm die Artenanzahl von Anfangs lediglich 8 Arten über 11 Arten bis hin zu

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

13 Arten kontinuierlich zu. 2012 konnte im Vergleich zum Vorjahr nur eine Art nicht mehr aufgefunden werden und vier Arten kamen neu hinzu. 2013 kamen nochmals vier Arten hinzu (darunter die 2012 nicht mehr vorgefundene *Saxifraga caesia*), zwei der im Vorjahr aufgenommenen Arten fehlen hingegen. Der Veränderungswert ist ebenfalls in beiden Jahren mit 7 bzw. 2 positiv. Während die Deckung der Krautschicht in allen drei Jahren mit 30% konstant blieb, veränderte sich deren Höhe mit 20 cm, 17,5 cm und 7,5 cm in allen drei Aufnahmen.

Diese immer geringer werdende Höhe ist wiederum witterungs- bzw. phänologisch bedingt. Die stetig positive Entwicklung der Artenanzahl könnte dagegen als Indiz für eine voranschreitende Sukzession gedeutet werden. Dass diese Aussage aufgrund des bisher kurzen Monitoring-Zeitraums jedoch mit einer sehr großen Unsicherheit behaftet ist, wird in den Kapiteln 8.3 ff. erneut aufgegriffen.

Bei der Dauerbeobachtungsfläche 6 (Tab. 28) handelt es sich um eine weitere, ebenfalls relativ artenarme Fläche, die bei der Erstaufnahme noch als initiales Caricetum firmae gedeutet wurde.

Tab. 28: Dauerbeobachtungsfläche 6. RW: 0649857; HW: 5251849.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	169	203
Höhe (m)	2392	2392
Exposition	.	.
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra (cm)	5	5
Deck Kra (%)	20	20
Deck Moos (%)	1	1
Aufnahmefläche (m²)	12	12
VC/AC		
Carex firma	2m	.
Minuartia verna subsp. gerardii	r	.
Sedum atratum	1	+
DV/DA		
Silene acaulis	+	r
KC/OC		
Veronica aphylla	1	.
Begleiter		
Arabis caerulea	1	1
Cerastium latifolium	r	+
Leontodon montanus	.	r
Moehringia ciliata	+	+
Poa alpina	2m	2m
Pritzelago alpina	+	1
Saxifraga androsacea	1	2m
Saxifraga stellaris	1	1
Taraxacum alpinum	.	+
Thlaspi rotundifolium	r	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	1
Artenanzahl	13	12

Die Aufnahmen dieser Fläche, die wie die beiden vorangegangenen Flächen ebenfalls auf dem südwestlichen Platt gelegenen ist, erfolgten in den Jahren 2011 und 2012. 2013 konnte keine weitere Aufnahme gemacht werden, da das Gelände erst entsprechend spät ausaperte. Insgesamt ist die Abnahme der Artenanzahl um eine Art von 13 auf 12 gering. Hierbei fand jedoch ein größerer Austausch des Arteninventars statt, so dass in der zweiten Aufnahme drei Arten gegenüber der Erstaufnahme fehlen und zwei neu hinzukommen. Die

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Veränderung der Einzelarten ist insgesamt mit 1 leicht positiv. Unverändert bleiben die Höhe und Deckung der Krautschicht.

Bemerkenswert erscheint bei dieser Aufnahme, dass die Polstersegge, die 2011 noch mir zahlreichen Keimlingen in der Fläche vorkam, im Folgejahr überhaupt nicht mehr festgestellt werden konnte. Die Ursache hierfür ist sicherlich im Witterungsverlauf 2011 zu suchen (siehe Kapitel 4.4), in dem das Zugspitzplatt wesentlich früher ausaperte als in den anderen Jahren des Untersuchungszeitraums. Diese ungewöhnlich lange Vegetationsperiode nutzend konnten sich die Keimlinge von *Carex firma* kurzfristig in dem Kalk-Schneetälchen ansiedeln, vermochten sich aber nicht dort dauerhaft zu halten. Somit präsentierte sich 2012 diese Fläche wieder als reines Arabidetum caeruleae, was aufgrund der langen Schneebedeckung 2013 sicher auch in diesem Jahr Bestand hatte.

Die Dauerbeobachtungsfläche 7 (Tab. 29), ebenfalls im südwestlichen Untersuchungsgebiet gelegen, stellt hingegen wie die Fläche 4 ein typisches Caricetum firmae an seiner oberen Verbreitungsgrenze dar.

Tab. 29: Dauerbeobachtungsfläche 7. RW: 0649891; HW: 5251692.

Jahr	2011	2012	2013
Aufnahme	164	206	273
Höhe (m)	2427	2427	2427
Exposition	0	0	0
Neigung (°)	1.5	1.5	1.5
Höhe Kra. (cm)	15	15	10
Deck. Kra. (%)	20	20	25
Deck. Moos (%)	2	1	3
Aufnahmefläche (m²)	9	9	9
VC/AC			
<i>Carex firma</i>	2a	2a	2a
<i>Festuca quadriflora</i>	1	1	.
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	+	1	.
<i>Saxifraga moschata</i>	.	.	+
DV/DA			
<i>Minuartia sedoides</i>	+	r	1
<i>Silene acaulis</i>	+	+	2a
KC/OC			
<i>Veronica aphylla</i>	+	+	.
Begleiter			
<i>Arabis bellidifolia</i>	+	.	+
<i>Bistorta vivipara</i>	1	2m	1
<i>Festuca alpina</i>	r	.	.
<i>Leontodon montanus</i>	1	+	+
<i>Papaver sendtneri</i>	.	r	.
<i>Petrocallis pyrenaica</i>	+	1	1
<i>Poa minor</i>	.	.	1
<i>Saxifraga aphylla</i>	+	+	1
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	.	+	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.	2
Artenanzahl	12	12	11

Die drei vorliegenden Aufnahmen der Jahre 2011, 2012 und 2013 zeigen nur eine geringe Veränderung der Artenanzahl. Diese sank nur 2013 um eine Art. Die Artenzusammensetzung veränderte sich dagegen stärker. 2012 kamen gegenüber der Erstaufnahme zwei vormals schwach vorkommende Arten (*Arabis bellidifolia*; *Festuca alpina*) nicht mehr in der Fläche vor und die beiden Thlaspietum-Charakterarten *Thlaspi rotundifolium* und *Papaver sendtneri* konnten erstmals schwach nachgewiesen werden. 2013 kann wiederum bei den Begleitern aus der Thlaspietalia rotundifolii eine Zunahme besonders der Artmächtigkeit, aber auch der

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

erfassten Arten (*Poa minor*) beobachtet werden. Lediglich *Papaver sendtneri* verschwindet dabei wieder. Mit *Festuca quadriflora*, *Minuartia verna* und *Veronica aphylla* konnten zudem drei Charakterarten verschiedener Rangstufen der Elymo-Seslerietea nicht mehr nachgewiesen werden. Die Polster von *Silene acaulis* erreichen erstmals einen Flächenanteil von $\geq 5\%$. Insgesamt ergibt sich daraus für die dritte Aufnahme eine Veränderung von 2. Die Deckung der Krautschicht nimmt 2013 gegenüber den Vorjahren um 5% zu, ihre Höhe dagegen leicht ab.

Insgesamt bietet sich das Bild eines initialen Polsterseggen-Rasens, in dem sich zugleich in den letzten beiden Jahren verstärkt Arten der Schuttesellschaften zu behaupten vermögen. Diese gedeihen bevorzugt in den offenen Schuttbereichen der Fläche zwischen den *Carex firma*-Polstern.

Den letzten Polsterseggen-Rasen des Flächenkomplexes bildet die Dauerbeobachtungsfläche 8 (Tab. 30).

Tab. 30: Dauerbeobachtungsfläche 8. RW: 0649915; HW: 5251966.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	172	208
Höhe (m)	2414	2414
Exposition	.	.
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	20	15
Deck. Kra. (%)	55	60
Deck. Moos (%)	10	1.5
Aufnahmefläche (m²)	10	10
VC/AC		
<i>Carex firma</i>	3	3
<i>Festuca quadriflora</i>	1	1
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	+	1
DV/DA		
<i>Minuartia sedoides</i>	1	r
<i>Ranunculus alpestris</i>	1	.
<i>Silene acaulis</i>	+	+
KC/OC		
<i>Veronica aphylla</i>	+	.
Begleiter		
<i>Leontodon montanus</i>	1	1
<i>Bistorta vivipara</i>	1	1
<i>Campanula scheuchzeri</i>	r	.
<i>Petrocallis pyrenaica</i>	r	1
<i>Salix serpyllifolia</i>	2a	1
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	r	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-4
Artenanzahl	13	10

Es liegen für die Fläche zwei Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Dabei nahm die Artenanzahl von 13 auf 10 ab. Die Artmächtigkeit der Einzelarten entwickelte sich insgesamt mit einem Wert von -4 ebenso negativ. Ausgenommen von dieser negativen Entwicklung sind allerdings die Charakterarten auf Verbands- bzw. Assoziationsebene, bei denen sich insgesamt ein leicht positiver Trend abzeichnete (Zunahme bei *Minuartia verna*). Die Deckung der Krautschicht nahm leicht zu bei einem gleichzeitigen Rückgang der Moosschicht. Die Höhe der Krautschicht war bei der Wiederaufnahme 2012 geringer.

Zusammenfassend kann bei den Flächen des Caricetum firmae im Bereich des südwestlichen Platts (Dauerbeobachtungsflächen 4-8) eine im Mittel leicht positive Entwicklung der Flächen im Jahr 2012 festgestellt werden. 2013 scheint sich dies auf Grundlage der zwei vorliegenden

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Aufnahmen fortzusetzen. Aus dem Jahr 2011 liegt dagegen nur eine Wiederaufnahme vor (Dauerbeobachtungsfläche 4), die einen eindeutig negativen Trend aufweist.

Zu den Polsterseggen-Rasen des mittleren nördlichen Untersuchungsgebiets zählt die Dauerbeobachtungsfläche 9 (Tab. 31). Ebenso wie der vorangegangene Aufnahmenkomplex ist diese nahe an der oberen Verbreitungsgrenze (2327 m) der Gesellschaft gelegen, die in diesem Abschnitt des Platts insgesamt deutlich niedriger ausgebildet ist.

Tab. 31: Dauerbeobachtungsfläche 9. RW: 0650796; HW: 5252976.

Jahr	2010	2012
Aufnahme	64	225
Höhe (m)	2327	2327
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	7	7
Höhe Kra. (cm)	15	5
Deck. Kra. (%)	90	95
Deck. Moos (%)	20	25
Aufnahmefläche (m²)	7	7
VC/AC		
Carex firma	2m	+
Euphrasia salisburgensis	.	+
Festuca quadriflora	2m	2b
DV/DA		
Minuartia sedoides	1	1
Ranunculus alpestris	2m	1
Silene acaulis	1	.
KC/OC		
Aster bellidiastrum	.	+
Galium anisophyllum	2m	1
Gentiana verna	1	.
Gentiana nivalis	.	1
Gentianella aspera	.	1
Veronica aphylla	2m	2m
Begleiter		
Bistorta vivipara	2m	2m
Campanula scheuchzeri	2m	1
Carex ornithopodioides	+	1
Cirsium spinosissimum	+	.
Euphrasia minima	2m	1
Gnaphalium hoppeanum	2m	1
Homogyne alpina	2a	2m
Leontodon helveticus	+	.
Poa alpina	2a	.
Potentilla aurea	3	1
Potentilla brauneana	2b	2b
Ranunculus montanus	r	.
Sagina saginoides	2m	.
Salix serpyllifolia	.	r
Selaginella selaginoides	r	+
Sibbaldia procumbens	.	r
Soldanella alpina	2m	2m
Taraxacum alpinum	1	r
Veronica alpina	2m	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-7
Artenanzahl	25	23

Die Erstaufnahme erfolgte hier 2010 und es liegt eine Wiederaufnahme aus 2012 vor. Hierbei ist eine Abnahme der erfassten Arten (-2) sowie auch eine negative Entwicklung der Artmächtigkeit der Einzelarten festzustellen (-7). Diese Negativentwicklung fällt besonders bei den Begleitarten auf. Auch ist für das gesamte Arteninventar eine deutliche Veränderung der Artenzusammensetzung festzustellen. 2012 kamen acht der ursprünglich erfassten Arten nicht mehr vor, fünf neue kamen im Gegenzug dazu. Auffällig ist hierbei besonders das Verschwinden von *Poa alpina* (2010: 2a) und der Polsterpflanze *Silene acaulis* (2010: 1). Gleichzeitig nahm die Artmächtigkeit von *Festuca quadriflora* 2012 (2b) stark zu. Mit dem letztgenannten Wert ist auch die zunächst widersprüchlich erscheinende Zunahme der

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Deckung der Krautschicht von 90% auf 95% zu erklären. Auffällig ist dabei aber eine deutlich geringere Höhe der Krautschicht.

Der stark abweichende Gesamteindruck beider Aufnahmen ist bei der vorliegenden Fläche wohl wiederum hauptsächlich auf eine in unterschiedlichen Zeitabständen zur Aufnahme stattgefundenene Bestoßung durch die Schafe zurückzuführen.

Südlich des Brunntals in unmittelbarer Nähe zu einem der zur Erfassung von geländeklimatologischen Parametern installierten Datalogger (siehe Kapitel 7.1.2.1) befindet sich die Dauerbeobachtungsfläche 10 (Tab. 32).

Tab. 32: Dauerbeobachtungsfläche 10. RW: 0651436; HW: 5252035.

Jahr	2011	2012	2013
Aufnahme	126	229	287
Höhe (m)	2054	2054	2054
Exposition	ONO	ONO	ONO
Neigung (°)	2	2	2
Höhe Kra. (cm)	10	7.5	20
Deck. Kra. (%)	85	80	90
Deck. Moos (%)	5	1	5
Aufnahmefläche (m²)	9	9	9
VC/AC			
Androsace chamaejasme	2m	1	1
Carex firma	3	2b	2b
Euphrasia salisburgensis	+	1	1
Festuca quadriflora	2m	1	1
Helianthemum alpestre	1	r	r
DV/DA			
Dryas octopetala	2a	3	2b
Ranunculus alpestris	1	1	2m
KC/OC			
Alchemilla hoppeana	r	.	.
Carduus defloratus	.	r	.
Galium anisophyllum	1	1	1
Gentiana verna	.	+	.
Gentianella aspera	.	1	+
Sesleria albicans	1	2m	1
Veronica aphylla	1	1	+
Begleiter			
Bistorta vivipara	1	.	1
Campanula scheuchzeri	1	1	1
Carex ornithopodioides	.	1	.
Festuca alpina	.	+	.
Festuca rupicaprina	+	.	.
Homogyne alpina	1	1	.
Potentilla brauneana	.	r	.
Selaginella selaginoides	+	.	1
Vaccinium vitis-idaea	2m	1	2m
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.	-6
Artenanzahl	17	19	15

Für die Fläche liegen Daten aus den Jahren 2010, 2012 und 2013 vor. Die Entwicklung der Gesamtartenanzahl verlief 2012 zunächst positiv (+2), um 2013 wieder deutlich abzunehmen (-4). Diese Entwicklung betrifft aber nicht die Charakter- und Differentialarten auf Verbands- bzw. Assoziationsebene, die in allen drei Aufnahmen mit dem gleichen Inventar vertreten sind. In dieser Gruppe kam es lediglich in der zweiten Aufnahme zu einer Veränderung der Artmächtigkeit. 2012 konnten gegenüber der vorangegangenen Aufnahme vier Arten nicht mehr vorgefunden werden, sechs neue Arten kamen hinzu. Im Folgejahr betrug der Artenverlust dagegen sechs Arten und zwei konnten neu erfasst werden. Beide (*Bistorta vivipara*; *Selaginella selaginoides*) waren jedoch in der Ursprungsaufnahme vertreten. Die Änderung der Artmächtigkeit der Einzelarten ist in der ersten Wiederaufnahme

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

ausgeglichen, in der zweiten zeigt sie mit -6 eine deutlich negative Entwicklung auf. Demgegenüber steht 2013 der höchste Deckungswert der Krautschicht (90%) sowie deren größte Höhe (20 cm).

Insgesamt scheint auch bei diesem Rasen die Unterschiedlichkeit der verschiedenen Aufnahmen in erster Linie in der Beweidung begründet zu sein. Hierfür spricht zumindest die relativ konstante Artmächtigkeit von *Carex firma*, deren harte Polster von den Schafen weitestgehend gemieden werden.

Etwas oberhalb schließt sich die Dauerbeobachtungsfläche 11 (Tab. 33) an.

Tab. 33: Dauerbeobachtungsfläche 11. RW: 0651347; HW: 5251992.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	194	233
Höhe (m)	2068	2068
Exposition	0	0
Neigung (°)	15	15
Höhe Kra. (cm)	30	15
Deck. Kra. (%)	35	35
Deck. Moos (%)	7.5	1
Aufnahmefläche (m²)	8	8
VC/AC		
Androsace chamaejasme	+	2m
Carex firma	2m	2a
Euphrasia salisburgensis	1	.
Festuca quadriflora	+	1
Minuartia verna subsp. gerardii	+	.
Saxifraga caesia	2m	1
DV/DA		
Dryas octopetala	1	2a
Silene acaulis	r	.
KC/OC		
Galium anisophyllum	+	+
Gentianella aspera	+	+
Sesleria albicans	1	1
Veronica aphylla	+	1
Begleiter		
Achillea atrata	1	r
Arabis bellidifolia	r	.
Asplenium viride	+	.
Bistorta vivipara	1	1
Campanula cochleariifolia	+	.
Campanula scheuchzeri	r	.
Carex ornithopodioides	+	.
Euphrasia minima	.	r
Gnaphalium hoppeanum	1	r
Poa alpina	r	.
Salix serpyllifolia	1	+
Saxifraga aizoides	+	1
Sedum atratum	+	.
Selaginella selaginoides	.	r
Viola biflora	+	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-6
Artenanzahl	25	17

Die Anlage dieser Fläche erfolgte 2011 und im Folgejahr fand die erste Wiederaufnahme statt. Ein Vergleich mit den entsprechenden Aufnahmen der Dauerbeobachtungsfläche 10 lässt eine deutlich negativere Entwicklung erkennen. Die Artenanzahl nahm gegenüber der Erstaufnahme deutlich von 25 auf 17 Arten ab. Insgesamt kamen zehn Arten nicht mehr vor, lediglich zwei kamen hinzu. Gleichzeitig entwickelte sich auch der Veränderungswert negativ (-6). Die Deckung der Krautschicht blieb dabei mit 35% unverändert, deren Höhe nahm um die Hälfte ab. Auch die Moosschicht war 2012 deutlich geringer ausgeprägt.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Neben einer auch hier deutlich erkennbaren Beeinflussung der Fläche durch die Beweidung in unterschiedlichen zeitlichen Abständen zur Aufnahme ist wiederum verstärkt auffällig, dass nur solche Arten in einer der beiden Aufnahmen fehlen, die einen relativ geringen Artmächtigkeitswert (≤ 1) aufweisen. Somit muss auch hier die bereits bei der Dauerbeobachtungsfläche 3 angesprochene Problematik des unterschiedlichen Aspekts zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt hinterfragt werden (siehe Kapitel 8.1).

Auf dem zentralen Zugspitzplatt, direkt im Brunntal befinden sich die letzten beiden Dauerbeobachtungsflächen (12;13) aus dem Bereich der alpinen Polsterseggen-Rasen (Tab. 34 und 35).

Tab. 34: Dauerbeobachtungsfläche 12. RW: 0650691; HW: 5252283.

Jahr	2010	2013
Aufnahme	98	276
Höhe (m)	2166	2166
Exposition	OSO	OSO
Neigung (°)	10	10
Höhe Kra. (cm)	20	20
Deck. Kra. (%)	50	75
Deck. Moos (%)	0.5	3
Aufnahmefläche (m²)	6	6
VC/AC		
Androsace chamaejasme	1	1
Carex firma	2b	2b
Euphrasia salisburgensis	1	.
Festuca quadriflora	.	1
Sedum atratum	r	.
DV/DC		
Dryas octopetala	.	r
Minuartia sedoides	+	.
Ranunculus alpestris	2m	1
KC/OC		
Aster bellidiastrum	1	1
Galium anisophyllum	+	.
Gentiana nivalis	+	.
Gentiana verna	.	r
Gentianella aspera	1	.
Scabiosa lucida	r	.
Sesleria albicans	1	2a
Thymus praecox subsp. Polytrichus	1	+
Veronica aphylla	+	1
Begleiter		
Agrostis alpina	2m	.
Arabis bellidifolia	.	+
Asplenium viride	+	+
Bistorta vivipara	2m	2m
Campanula scheuchzeri	1	.
Carex ornithopodioides	1	2a
Carex parviflora	+	.
Festuca alpina	.	1
Galium megalospermum	.	1
Gnaphalium hoppeanum	r	+
Helianthemum alpestre	.	1
Homogyne alpina	1	r
Potentilla brauneana	1	1
Salix serpyllifolia	+	1
Selaginella selaginoides	2m	1
Silene vulgaris subsp. Alpina	+	r
Viola biflora	2m	1
And. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-6
Artenanzahl	27	24

Der zeitliche Abstand der beiden vorliegenden Aufnahmen der Dauerbeobachtungsfläche 12 beträgt drei Jahre. Bei der Erstaufnahme 2010 konnten 27 Arten erfasst werden. Dieser Wert verringerte sich auf 24 Arten im Jahr 2013. Hierbei fällt jedoch die Veränderung des Artenspektrums deutlicher aus. Zehn der ursprünglich erfassten Arten konnten drei Jahre später nicht mehr vorgefunden werden, dafür kamen sieben neue Arten hinzu. Die

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Veränderung der Artmächtigkeit der Einzelarten erreicht hier den negativen Wert -6. Die Deckung der Krautschicht nahm dabei um 25% zu bei unveränderter Höhe. Diese Zunahme der Deckung ist vor allem auf die Gräser *Carex ornithopodioides* und *Sesleria albicans* zurückzuführen, die sich beide deutlich ausbreiten konnten.

Diese im Gegensatz zur Entwicklung des Arteninventars positive Ausbreitung der Vegetation in der Fläche deutet auf eine insgesamt für die Gesellschaft positive Standortentwicklung hin. Die deutlichen Unterschiede im Arteninventar dürften abermals in einem unterschiedlichen Aspekt sowie in der Beweidung begründet sein. Eine wahrscheinlich erscheinende Beeinflussung der Vegetation durch diese beiden letztgenannten Faktoren ist auch in der knapp unterhalb gelegenen Dauerbeobachtungsfläche 13 zu erkennen (Tab. 35).

Tab. 35: Dauerbeobachtungsfläche 13. RW: 0650678; HW: 5252265.

Jahr	2010	2013
Aufnahme	100	277
Höhe (m)	2163	2163
Exposition	.	.
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	20	10
Deck. Kra. (%)	50	45
Deck. Moos (%)	3	10
Aufnahmefläche (m²)	6	6
VC/AC		
Androsace chamaejasme	1	.
Carex firma	1	1
Euphrasia salisburgensis	+	.
Helianthemum alpestre	+	.
Sedum atratum	1	r
DV/DA		
Minuartia sedoides	+	r
Ranunculus alpestris	1	1
Silene acaulis	r	r
KC/OC		
Acinos alpinus	r	.
Galium anisophyllum	1	1
Gentiana verna	r	+
Sesleria albicans	1	+
Begleiter		
Bistorta vivipara	2m	2m
Agrostis alpina	1	.
Arabis bellidifolia	.	+
Campanula scheuchzeri	+	.
Carex ornithopodioides	1	1
Carex parviflora	1	.
Draba aizoides	.	r
Euphrasia minima	1	.
Gnaphalium hoppeanum	+	.
Leontodon montanus	+	.
Ligusticum mutellina	1	1
Moehringia ciliata	r	.
Poa minor	.	1
Potentilla brauneana	+	1
Pritzelago alpina	.	r
Ranunculus montanus	.	r
Salix retusa	r	.
Salix serpyllifolia	.	r
Saxifraga androsacea	.	+
Selaginella selaginoides	.	+
Soldanella alpina	+	1
Taraxacum alpinum	+	.
Thlaspi rotundifolium	.	+
Viola biflora	1	.
And. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-5
Artenanzahl	27	20

Wie in der vorangegangenen Fläche fanden auch hier die Aufnahmen in den Jahren 2010 und 2013 statt. Ebenfalls ist ein Rückgang der Artenzahl zu erkennen. Wurden bei der Anlage

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

der Fläche noch 27 Arten erfasst, so sank diese Zahl 2013 auf lediglich 20. Die detaillierte Betrachtung des Artenspektrums zeigt noch markantere Veränderungen auf. 2013 kamen 14 der bei der Erstaufnahme noch vorgefundenen Arten nicht mehr vor, dafür traten 9 neue Arten hinzu. Die Veränderung der Artmächtigkeit beträgt -5. Im Gegensatz zur Dauerbeobachtungsfläche 12 nahm die Deckung der Krautschicht auf dieser Fläche leicht, deren Höhe noch etwas deutlicher ab.

6.3 Das Monitoring der Flächen des *Geo montani-Nardetum strictae*

Die artenreiche Dauerbeobachtungsfläche 14 (Tab. 36) gehört zu den anthropo-zoogen bedingten Borstgras-Rasen des Untersuchungsgebiets. Sie befindet sich nahe der Dauerbeobachtungsfläche 10 auf dem unteren Zugspitzplatt in einer Höhe von 2050 m.

Es liegen aktuell zwei Aufnahmen zu dieser Fläche aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Hierbei ist ein Rückgang der erfassten Arten bei der Wiederaufnahme von dem sehr hohen Wert 39 auf 25 erfasste Arten zu verzeichnen. Dabei konnten 22 bei der zweiten Aufnahme nicht mehr vorgefunden werden und acht Arten kamen neu hinzu. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit beträgt -15. Die Deckung der Krautschicht nahm leicht von 55% auf 50% ab, deren Höhe blieb dagegen konstant.

Bei der Deutung der massiven Veränderung des Artenspektrums, die sich nur innerhalb eines Jahres auf dieser Fläche vollzogen hat, fällt es aufgrund des Mangels an Vergleichsflächen der entsprechenden Assoziation und der bisher geringen Anzahl an Aufnahmen zu dieser Fläche schwer, eine klare Trennung zwischen den im Zuge der Diskussion der bisher vorgestellten Monitoring-Flächen angeführten Einflussgrößen Witterungsverlauf, Beweidung sowie phänologischer Aspekt zu vollziehen. Es ist aber zu vermuten, dass analog zu vielen Dauerbeobachtungsflächen aus dem Bereich der Polsterseggen-Rasen besonders die beiden letztgenannten eine Rolle spielen. So lagen die Aufnahmetermine 06.07.2011 und 22.08.2012 unabhängig vom Witterungsverlauf sehr weit auseinander, was beispielsweise die Anwesenheit einiger sich erst später in der Vegetationsperiode voll entwickelnder Arten in der zweiten Aufnahme (*Euphrasia minima*, *Euphrasia salisburgensis*, *Scabiosa lucida*) erklärt. Ebenso scheint die Fläche regelmäßig und dabei auch intensiv beweidet zu werden. Hierauf weist neben der Klassifizierung als Borstgras-Rasen an sich auch das Fehlen bzw. der Rückgang von gerne durch die Schafe verbissener Arten in der zweiten Aufnahme (*Festuca quadriflora*, *Festuca rupicaprina*) hin.

Eine Erklärung für die längerfristige Vegetationsentwicklung der Dauerbeobachtungsfläche liefert aber möglicherweise die Zunahme der Ordnungscharakterart *Nardus Stricta* (2011: 1; 2012 2a). Dies entspricht der in Kapitel 5.3.2.1.1.1 dargestellten Tendenz des Borstgrases, sich aufgrund seiner Verbiss-Resistenz und der damit verbundenen Konkurrenzüberlegenheit nach dem erstmaligen Eindringen in eine Fläche immer stärker auf Kosten des übrigen Arteninventars auszubreiten.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 36: Dauerbeobachtungsfläche 14. RW: 0651464; HW: 5252024.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	128	231
Höhe (m)	2050	2050
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	5	5
Höhe Kra. (cm)	25	25
Deck. Kra. (%)	55	50
Deck. Moos (%)	5	5
Aufnahmefläche (m²)	12	12
AC		
Potentilla aurea	1	1
OC		
Botrychium lunaria	r	.
Nardus stricta	1	2a
Begleiter		
Agrostis alpina	+	.
Alchemilla hoppeana	+	2a
Androsace chamaejasme	2m	1
Antennaria dioica	.	r
Asplenium viride	.	+
Aster bellidiastrum	+	.
Biscutella laevigata	r	.
Bistorta vivipara	2m	1
Campanula cochleariifolia	1	.
Campanula scheuchzeri	2m	.
Carex capillaris	1	.
Carex firma	1	1
Carex ornithopodioides	.	1
Carex parviflora	+	.
Carex sempervirens	+	.
Dryas octopetala	2a	2a
Euphrasia minima	.	1
Euphrasia salisburgensis	.	1
Festuca quadriflora	2m	1
Festuca rupicaprina	1	.
Galium anisophyllum	2m	1
Gentiana clusii	1	.
Gentiana verna	+	1
Gentianella aspera	+	.
Globularia nudicaulis	1	.
Gnaphalium hoppeanum	+	.
Helianthemum alpestre	+	.
Hippocrepis comosa	.	r
Leontodon hispidus	r	.
Ligusticum mutellina	+	1
Minuartia sedoides	+	r
Myosotis alpestris	1	.
Parnassia palustris	r	.
Phyteuma orbiculare	2m	.
Polystichum lonchitis	.	+
Potentilla brauneana	1	.
Ranunculus alpestris	1	1
Scabiosa lucida	.	1
Selaginella selaginoides	1	+
Sesleria varia	+	+
Soldanella alpina	1	2m
Veronica alpina	2m	.
Veronica aphylla	1	1
Viola biflora	1	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-15
Artenanzahl	39	25

6.4 Das Monitoring der Flächen des Alchemillo-Poetum supinae

Wie in Kapitel 5.3.3.1.1.1 erörtert, handelt es sich bei dem Alchemillo-Poetum supinae zusammen mit den Borstgras-Rasen um eine Gesellschaft, deren unmittelbare Existenz mit der Bestoßung des Untersuchungsgebiets durch Schafe zusammenhängt. Dieser Komplex der Lägerstellen ist mit der Dauerbeobachtungsfläche 15 (Tab. 37) im Dauermonitoring vertreten. Mit dieser Fläche wurde dazu die höchstgelegene Lägerflur des Zugspitzplatts auf 2435 m in die Dauerbeobachtung aufgenommen.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 37: Dauerbeobachtungsfläche 15. RW: 0649863; HW: 5251655.

Jahr	2011	2012	2013
Aufnahme	165	207	274
Höhe (m)	2435	2435	2435
Exposition	S	S	S
Neigung (°)	1.5	1.5	1.5
Höhe Kra. (cm)	20	20	25
Deck. Kra. (%)	98	90	95
Deck. Moos (%)	4	3.5	0.5
Aufnahmefläche (m ²)	7	7	7
AC			
<i>Poa supina</i>	4	4	4
Begleiter			
<i>Bistorta vivipara</i>	2m	1	2m
<i>Botrychium lunaria</i>	.	.	r
<i>Campanula scheuchzeri</i>	1	1	1
<i>Carex firma</i>	1	.	.
<i>Draba aizoides</i>	1	.	r
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	1	1	+
<i>Festuca quadriflora</i>	1	1	1
<i>Leontodon montanus</i>	1	.	.
<i>Minuartia sedoides</i>	+	.	+
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>gerardii</i>	+	1	1
<i>Poa alpina</i>	1	1	1
<i>Poa minor</i>	1	.	.
<i>Potentilla brauneana</i>	2m	.	2m
<i>Pritzelago alpina</i>	+	.	1
<i>Silene acaulis</i>	+	r	+
<i>Taraxacum alpinum</i>	1	2b	2a
<i>Veronica aphylla</i>	1	1	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-7	3
Artenanzahl	17	10	14

Für diese Fläche liegen Aufnahmen aus den drei aufeinanderfolgenden Jahren 2011-2013 vor. Hierbei nahm die Anzahl der aufgefundenen Arten von 17 (2011) zunächst auf 10 (2012) ab, um im darauffolgenden Jahr wieder auf 14 Arten anzusteigen. 2012 konnten dabei sieben der in der vorangegangenen Aufnahme festgestellten Taxa nicht mehr gefunden werden, ohne dass stattdessen neue Arten auftraten. 2013 kam es gegenüber dem Vorjahr zum Verlust einer weiteren Art, gleichzeitig traten aber fünf Arten hinzu, von denen wiederum vier bereits 2011 erfasst worden waren. Parallel dazu entwickelte sich auch die Veränderung der Artmächtigkeit 2012 zunächst negativ (-7), um im Folgejahr einen positiven Wert anzunehmen (3). Beim Deckungswert der Krautschicht fallen nur geringe Schwankungen ins Auge, die sich analog zu den vorangegangenen Parametern entwickeln. Bei der Höhe der Krautschicht ist im vorläufig letzten Aufnahmejahr ein leichter Rückgang von 25 cm auf 20 cm zu verzeichnen.

Generell dürfte die Entwicklung dieser Flächen noch stärker als bei allen anderen Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebiets an die Beeinflussung durch die Schafe gekoppelt sein. Einen Hinweis hierauf gibt die konstante und unveränderte Präsenz der Assoziationskennart *Poa supina*, die nur selten verbissen wird, aber auch der stickstoffanzeigenden *Poa alpina* mit bei beiden Arten gleichbleibender Artmächtigkeit während des gesamten bisherigen Monitoring-Verlaufs auf dieser Fläche. Das restliche Arteninventar ist großen Schwankungen sowohl beim Vorkommen als auch bei den Artmächtigkeitswerten unterworfen. Dies ist mit Sicherheit zu einem Großteil dem Verbiss geschuldet, der auf dieser Fläche mehrfach deutlich beobachtet wurde.

Aufgrund der Lage an der oberen Verbreitungsgrenze alpiner Rasengesellschaften im Untersuchungsgebiet darf aber bei der vorliegenden Fläche auch die klimatische Komponente nicht außer Acht gelassen werden. Ein Indiz hierfür mag analog zur

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Dauerbeobachtungsfläche 6 das nicht mehr Auftreten von *Carex firma* nach der sehr langen Vegetationsperiode 2011 liefern.

6.5 Das Monitoring der Flächen des Arabidetum caeruleae

Die auf dem Zugspitzplatt weit verbreiteten, über die eigentlichen Kalk-Schneetälchen hinausreichenden Flächen des Arabidetum caeruleae fanden entsprechend verstärkt Eingang in das Dauermonitoring und sind in den nachfolgenden Aufnahmen zusammengefasst.

Tab. 38: Dauerbeobachtungsfläche 16. RW:0650643; HW: 5253097.

Jahr	2010	2011	2012
Aufnahme	66	129	212
Höhe (m)	2375	2375	2375
Exposition	.	.	.
Neigung (°)	0	0	0
Höhe Kra. (cm)	10	7	5
Deck Kra. (%)	15	15	10
Deck. Moos (%)	2	5	2
Aufnahmefläche (m²)	10	10	10
AC			
Arabis caerulea	1	1	1
Gnaphalium hoppeanum	2a	1	1
DA			
Saxifraga stellaris	1	+	+
VC			
Potentilla brauneana	1	1	2m
Saxifraga androsacea	1	+	.
DV			
Achillea atrata	.	.	+
DO			
Sedum atratum	1	1	1
Silene acaulis	.	r	.
Veronica alpina	1	+	1
KC			
Moehringia ciliata	+	+	1
Poa minor	.	1	1
Begleiter			
Androsace chamaejasme	.	+	1
Arabis bellidifolia	1	1	+
Campanula scheuchzeri	1	.	1
Leontodon montanus	1	1	.
Minuartia sedoides	r	.	.
Poa alpina	1	.	.
Pritzelago alpina	2m	1	2m
Saxifraga moschata	+	r	+
Taraxacum alpinum	1	1	2m
Thlaspi rotundifolium	+	1	1
Thymus praecox subsp. polytrichus	r	.	.
Veronica aphylla	.	.	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-6	6
Artenanzahl	18	17	17

Die Aufnahme der auf dem nördlichen Zugspitzplatt an der Grenze zur alpinen Rasenzone gelegenen Dauerbeobachtungsfläche 16 (Tab. 38) erfolgte in den Jahren 2010, 2011 und 2012. Hierbei nahm die Anzahl der insgesamt erfassten Arten zunächst geringfügig von 18 auf 17 ab, um im dritten Jahr unverändert zu bleiben. Bei der ersten Wiederaufnahme kamen vier der ursprünglich erfassten Arten nicht mehr in der Fläche vor, dafür traten drei neue Arten hinzu. Ein Jahr später konnten drei im Vorjahr noch vorhandene Arten nicht mehr nachgewiesen werden, stattdessen wurden drei neue Arten erfasst, die im Zuge des Monitorings bisher alle nicht in dieser Fläche vertreten waren. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit aller Einzelarten entwickelte sich dabei 2011 zunächst negativ (-6), im Jahr

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

2012 positiv (6). Die Deckung der Krautschicht nahm erst in der zweiten Wiederaufnahme leicht ab, ihre Höhe dagegen in beiden.

Trotz der Schwankungen des Veränderungswertes und des in jeder Aufnahme leicht veränderten Arteninventars ist die Vegetation dieser Dauerbeobachtungsfläche als relativ stabil anzusehen. Die Arten, die im Zuge der Wiederaufnahmen nicht mehr vorgefunden wurden bzw. neu hinzukamen, weisen nur eine geringe Artmächtigkeit auf, oder es ändert sich die Artmächtigkeit bei konstantem Auftreten nur entsprechend gering. Ein Teil dieser Veränderungen kann zudem wieder mit dem unterschiedlichen phänologischen Aspekt in Verbindung gebracht werden. 2012 aperte das Zugspitzplatt später aus als in den beiden vorangegangenen Jahren. So konnten folglich 2012 die Steinbrech-Art *Saxifraga androsacea* im Vergleich zu den Vorjahren nicht mehr nachgewiesen werden. Diese Art wird erst bei fortgeschrittener Vegetationsperiode gut sichtbar.

Tab. 39: Dauerbeobachtungsfläche 17. RW: 0650641; HW: 5253060.

Jahr	2010	2011	2012
Aufnahme	67	130	213
Höhe (m)	2368	2368	2368
Exposition	SO	SO	SO
Höhe Kra. (cm)	7	7	5
Deck. Kra. (%)	20	20	20
Deck. Moos (%)	1	2	0.5
Aufnahmefläche (m²)	10	10	10
AC			
Arabis caerulea	1	1	1
Gnaphalium hoppeanum	2m	1	1
DA			
Saxifraga stellaris	.	+	.
VC			
Carex parviflora	+	+	.
Potentilla brauneana	1	+	1
Saxifraga androsacea	1	2m	.
DV			
Achillea atrata	.	.	+
Carex ornithopodioides	+	.	+
OC			
Salix retusa	r	r	r
DO			
Sedum atratum	2m	1	+
Silene acaulis	.	r	+
Veronica alpina	1	1	1
KC			
Campanula cochleariifolia	1	1	1
Moehringia ciliata	1	1	1
Poa minor	.	2m	2m
Salix serpyllifolia	r	r	.
Begleiter			
Androsace chamaejasme	.	.	1
Campanula scheuchzeri	.	1	+
Cerastium latifolium	r	r	r
Festuca quadriflora	.	+	.
Helianthemum alpestre	.	.	+
Minuartia sedoides	r	r	r
Poa alpina	2m	.	.
Pritzelago alpina	2m	1	.
Salix herbacea	r	+	+
Saxifraga moschata	.	r	.
Taraxacum alpinum	1	1	1
Thlaspi rotundifolium	+	1	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	3	-4
Artenanzahl	19	23	20

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Die Dauerbeobachtungsfläche 17 (Tab. 39) ist in unmittelbarer Nachbarschaft zur vorangegangenen Fläche 16 gelegen. Die drei bisher vorliegenden Aufnahmen erfolgten in den gleichen Jahren. Dabei entwickelte sich hier die Artenanzahl zunächst positiv mit einer Zunahme um vier Arten in 2011. 2012 konnten dagegen im Vergleich zum Vorjahr drei Arten weniger erfasst werden. Hierbei wurden bei der ersten Wiederaufnahme sechs neue Arten erfasst, zwei Arten fehlten gegenüber der Erstaufnahme. 2012 fehlten gegenüber dem Vorjahr sechs Arten, drei kamen neu hinzu, von denen auch keine in der Erstaufnahme vertreten war. Die Artmächtigkeit veränderte sich 2011 positiv (+3), entwickelte sich im Folgejahr aber negativ (-4). Die Deckung der Krautschicht blieb in allen drei Aufnahmejahren unverändert, ihre Höhe nahm 2012 leicht ab.

Bezüglich der Vegetationsentwicklung sind erwartungsgemäß Analogien zur vorangegangenen Dauerbeobachtungsfläche 16 festzustellen. Obwohl sich die Entwicklungen von Artenanzahl und Artmächtigkeit gegenläufig zu der Fläche 16 verhalten, sind auch hier die Veränderungen als im Mittel gering anzusehen und die beiden Assoziationscharakterarten sind in allen Aufnahmen vertreten. In der zweiten Wiederaufnahme fehlen wiederum sich erst später entwickelnde Arten (*Saxifraga stellaris*; *Saxifraga androsacea*; *Carex parviflora*) der Frühblüher *Androsace chamaejasme* ist dafür vertreten. Zusätzlich kann eine leichte Beeinflussung der Fläche durch Beweidung nicht ausgeschlossen werden, worauf das nur einmalige Auftreten der gern gefressenen Art *Festuca quadriflora* hindeutet.

Auf dem klimatisch begünstigten südwestlichen Zugspitzplatt gelegen ist das Arabidetum caeruleae, dass auf der Dauerbeobachtungsfläche 18 (Tab. 40) wächst. Auf dieser Fläche, für die bisher Aufnahmen aus den Jahren 2010, 2011 und 2012 vorliegen, nahm die Artenanzahl in beiden Wiederaufnahmen zunächst leicht um eine Art und später nochmals deutlicher um vier Arten ab. Hierbei kamen in der Aufnahme 2011 drei der 2010 erfassten Arten nicht mehr vor, zwei bisher nicht vorhandene Arten traten hinzu. Im dritten Aufnahmejahr konnten sechs der Vorjahres-Arten nicht mehr in der Aufnahme nachgewiesen werden, aber wiederum zwei neue Arten. Eine davon, *Salix herbacea*, konnte bereits in der Erstaufnahme erfasst werden. Die Artmächtigkeit entwickelte sich zweimal negativ (jeweils -4). Die Deckung der Krautschicht blieb über alle drei Jahre mit 35% konstant, dagegen nahm deren Höhe sukzessive ab. Im bisher letzten Aufnahmejahr war zudem eine massive Ausbreitung der Mooschicht zu erkennen.

Auch dieses Schneetälchen weist eine insgesamt stabile Grundstruktur der Vegetation auf. Charakter- und Differentialarten bis hin zur Verbandsebene sind stetig vertreten, lediglich *Potentilla brauneana* trat erstmals 2012 sehr schwach auf. Mit Ausnahme von *Sagina saginoides*, die im ersten Jahr sehr stark vertreten war und danach nicht mehr nachgewiesen werden konnte, befinden sich unter den nicht 100% stetig auftretenden Arten ausschließlich solche mit geringer Artmächtigkeit (<5% Deckung).

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Zentral auf dem oberen Zugspitzplatt, etwas abseits der Skipisten, liegt die Dauerbeobachtungsfläche 19 (Tab. 41). Die Fläche wurde bisher 2010 und 2011 aufgenommen.

Tab. 40: Dauerbeobachtungsfläche 18. RW: 0649763; HW: 5251540.

Jahr	2010	2011	2012
Aufnahme	93	159	254
Höhe (m)	2414	2414	2414
Exposition	.	.	.
Höhe Kra. (cm)	10	7.5	5
Deck. Kra. (%)	35	35	35
Deck. Moos (%)	0.5	0.5	5
Aufnahmefläche (m²)	12	12	12
AC			
Arabis caerulea	2m	2m	1
Gnaphalium hoppeanum	2m	1	2m
DA			
Saxifraga stellaris	2m	2m	2m
VC			
Carex parviflora	1	+	r
Potentilla brauneana	.	.	r
Saxifraga androsacea	2a	2a	2a
Ranunculus alpestris	1	+	1
OC			
Salix retusa	+	+	.
KC			
Campanula cochleariifolia	.	+	.
Moehringia ciliata	r	1	2m
Poa minor	1	1	1
Saxifraga oppositifolia	r	.	.
Begleiter			
Bistorta vivipara	1	+	1
Cerastium latifolium	r	r	.
Papaver sendtneri	r	r	.
Pritzelago alpina	2m	+	2m
Sagina saginoides	2a	.	.
Salix herbacea	1	.	+
Saxifraga moschata	.	r	r
Sedum atratum	+	1	1
Silene acaulis	r	r	.
Taraxacum alpinum	+	1	1
Thlaspi rotundifolium	r	+	.
Veronica alpina	2m	1	r
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-4	-4
Artenanzahl	21	20	16

Tab. 41: Dauerbeobachtungsfläche 19. RW: 0649537; HW: 5252514.

Jahr	2010	2011
Aufnahme	75	185
Höhe (m)	2435	2435
Exposition	S	S
Neigung (°)	40	40
Höhe Kra. (cm)	15	20
Deck. Kra. (%)	25	25
Deck. Moos (%)	0.5	1
Aufnahmefläche (m²)	9	9
AC		
Arabis caerulea	2m	.
DO		
Sedum atratum	2m	2m
KC		
Linaria alpina	2m	1
Moehringia ciliata	.	+
Begleiter		
Asplenium viride	.	+
Euphrasia salisburgensis	2m	1
Leontodon montanus	.	r
Poa alpina	2a	2m
Pritzelago alpina	2m	1
Sagina saginoides	2m	1
Thlaspi rotundifolium	2m	2m
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-3
Artenanzahl	8	10

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Hierbei entwickelte sich die Artenanzahl positiv und nahm leicht von acht auf zehn Arten zu. Bemerkenswerterweise konnte 2011 die Assoziationskennart *Arabis caerulea* bei der Wiederaufnahme nicht mehr festgestellt werden, obwohl sie in der Erstaufnahme noch zahlreich vertreten war. Drei neue Arten kamen hingegen neu hinzu. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit beträgt -3. Die Deckung der Krautschicht blieb konstant, deren Höhe nahm im zweiten Jahr leicht zu.

Nach dem Ausscheiden der blauen Gänsekresse ist aufgrund der nun vorliegenden Artenkombination die Aufnahme syntaxonomisch neu einzuordnen und zumindest für 2011 dem Thlaspietum rotundifolii zuzurechnen. Hier wird die oft sehr enge Verflechtung beider Gesellschaften in der subnivalen Zone des Untersuchungsgebiets deutlich, bei der die Witterung der jeweiligen Einzeljahre zu einer entsprechenden Verschiebung des Arteninventars bzw. der Dominanzverhältnisse führen kann. Dies kann ggf. auch eine syntaxonomische Neubewertung erforderlich machen.

Die relativ artenarme Dauerbeobachtungsfläche 20 (Tab. 42) befindet sich auf dem nördlichen Zugspitzplatt knapp unterhalb der Endmoränen des letztmaligen deutlichen Gletscherhöchststandes im 19. Jh. (Siehe Kapitel 4.3).

Tab. 42: Dauerbeobachtungsfläche 20. RW: 0650543; HW: 5253297.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	157	220
Höhe (m)	2436	2436
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	7	5
Deck. Kra. (%)	5	3
Deck. Moos (%)	0	0.5
Aufnahmefläche (m²)	12	12
AC		
<i>Arabis caerulea</i>	+	1
DA		
<i>Saxifraga stellaris</i>	2m	1
DO		
<i>Veronica alpina</i>	.	+
KC		
<i>Moehringia ciliata</i>	r	.
<i>Poa minor</i>	+	1
Begleiter		
<i>Cerastium latifolium</i>	+	.
<i>Pritzelago alpina</i>	1	2m
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	r	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.
Artenanzahl	7	5

Die Anlage dieser Dauerbeobachtungsfläche erfolgte 2011, 2012 fand eine erste Wiederaufnahme statt. Hierbei ging die Artenanzahl von 7 auf 5 zurück. Drei Arten traten dabei nicht mehr auf, eine neue Art kam dagegen neu hinzu. Der Änderungswert der Artmächtigkeit blieb gleich. Deckung und Höhe der Krautschicht nahmen dabei im zweiten Jahr leicht ab.

Die Analyse der Vegetationsentwicklung dieser Fläche zeigt einen Rückgang besonders der schwach vertretenen Begleiter des Thlaspietum rotundifolii. Typische Arten der Arabidetalia

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

caeruleae nehmen hingegen zu bzw. kommen sogar neu hinzu (*Veronica alpina*). Dies entspricht gut dem wesentlich späteren Ausapern des Geländes im Jahr der Wiederaufnahme gegenüber dem sehr schneearmen Sommerhalbjahr 2011.

Die Dauerbeobachtungsfläche 21 (Tab. 43) ist ebenfalls auf dem nördlichen Zugspitzplatt im Bereich der Endmoränen und in der Nachbarschaft zur Dauerbeobachtungsfläche 20 gelegen.

Tab. 43: Dauerbeobachtungsfläche 21. RW: 0650538; HW: 5253283.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	156	247
Höhe (m)	2438	2438
Exposition	S	S
Neigung (°)	2.5	2.5
Höhe Kra. (cm)	6	3
Deck Kra. (%)	25	10
Deck. Moos (%)	0	0.5
Aufnahmefläche (m²)	10	10
AC		
Arabis caerulea	1	1
DA		
Saxifraga stellaris	1	1
VC		
Saxifraga androsacea	1	1
DO		
Sedum atratum	+	.
Veronica alpina	+	.
KC		
Poa minor	+	+
Moehringia ciliata	2a	2a
Begleiter		
Cerastium latifolium	+	r
Papaver sendtneri	.	r
Pritzelago alpina	+	2m
Thlaspi rotundifolium	+	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.
Artenanzahl	10	9

Die Aufnahmen dieser Fläche erfolgten wiederum 2011 und 2012. Dabei nahm die Artenanzahl von zehn auf neun Arten ab. Zwei Arten konnten hierbei 2012 gegenüber der Erstaufnahme nicht mehr nachgewiesen werden, eine Art kam dagegen hinzu. Dabei ergibt sich im Mittel eine ausgeglichene Veränderung der Artmächtigkeit. Erkennbar ist ein deutlicher Rückgang der Deckung der Krautschicht und auch deren Höhe nimmt in der zweiten Aufnahme ab.

Im Gegensatz zur vorherigen Aufnahmefläche ist hier allerdings kein Rückgang der Arten des Thlaspietum rotundifolii auszumachen. Diese nehmen teilweise sogar sowohl an Anzahl als auch an Artmächtigkeit zu. Gleichzeitig bleiben aber auch die Charakterarten des Arabidetum caeruleae stabil, lediglich auf der Ordnungsebene treten die beiden in der Erstaufnahme (schwach) vertretenen Kennarten nicht mehr auf.

Diese Entwicklung lässt den Rückschluss auf eine möglicherweise 2012 sich intensivierte Schuttaktivität auf dieser Dauerbeobachtungsfläche zu, was eine zusätzliche Ansiedelung von Thlaspietum-Arten begünstigen kann. Gleichzeitig zeigt eine solche zur Nachbarfläche anscheinend konträre Entwicklung an, wie differenziert die Vegetationsdynamik des

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Untersuchungsgebiets in bereits kleiner räumlicher Entfernung ablaufen kann. Auf diesen Aspekt wird in den Kapiteln 7 ff. vertiefend eingegangen.

Wiederum auf dem südwestlichen Zugspitzplatt, etwas südlich der Skipisten wurde die Dauerbeobachtungsfläche 22 (Tab. 44) angelegt.

Tab. 44: Dauerbeobachtungsfläche 22. RW: 0649837; HW: 5251982.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	176	239
Höhe (m)	2390	2390
Exposition	.	.
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	5	7
Deck. Kra. (%)	10	15
Deck. Moos (%)	10	1
Aufnahmefläche (m²)	20	20
AC		
Arabis caerulea	1	1
DA		
Saxifraga stellaris	2m	2m
VC		
Saxifraga androsacea	+	1
DO		
Sedum atratum	2m	2m
Veronica alpina	.	1
KC		
Poa minor	1	1
Begleiter		
Cerastium latifolium	.	r
Minuartia verna subsp. gerardii	.	+
Pritzelago alpina	+	1
Sagina saginoides	1	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	4
Artenanzahl	7	9

Es liegen für diese Fläche bisher Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Die Artenanzahl nahm leicht von sieben auf neun Arten zu. Dabei konnten im Zuge der Wiederaufnahme drei neue Arten festgestellt und eine nicht mehr vorgefunden werden. Die Änderung der Artmächtigkeit beträgt 4. Deckung und Höhe der Krautschicht nahmen dabei leicht zu, die Moosschicht gleichzeitig stark ab.

Bei einer insgesamt stabilen Vegetation auf dieser Fläche kommt es 2012 zu einer positiven Entwicklung des Arteninventars der Arabidetalia caeruleae. Dies deckt sich somit mit den Ergebnissen der vorangegangenen Dauerbeobachtungsfläche 20.

Westlich der Fläche 22, in den Schutthalden unterhalb des Schneefernerkopfes gelegen, wurde die Dauerbeobachtungsfläche 23 (Tab. 45) in das Monitoring aufgenommen. Obwohl es sich hierbei um kein muldenhaftes Schneetälchen handelt, muss die Aufnahme aufgrund des festgestellten Arteninventars jedoch diesem Komplex zugeschlagen werden (siehe Kapitel 5.5.1.1.1.2).

Die Aufnahmen zu dieser Fläche wurden ebenfalls 2011 und 2012 durchgeführt. Hierbei blieb die Artenanzahl mit jeweils neun erfassten Arten stabil. Es fand dennoch ein Austausch von Einzelarten statt, so dass 2012 *Poa alpina* nicht mehr festgestellt werden konnte, dafür sehr schwach *Papaver sendtneri*. Der Veränderungswert ist mit 1 schwach positiv. Die Deckung der Krautschicht blieb mit 5% gleichmäßig gering, deren Höhe nahm im zweiten Jahr leicht ab.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 45: Dauerbeobachtungsfläche 23. RW: 0649083; HW: 5252119.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	181	240
Höhe (m)	2446	2446
Exposition	ONO	ONO
Neigung (°)	10	10
Höhe Kra. (cm)	10	7.5
Deck. Kra. (%)	5	5
Deck. Moos (%)	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	16	16
AC		
Arabis caerulea	1	1
DA		
Saxifraga stellaris	1	1
KC		
Moehringia ciliata	r	r
Poa minor	+	1
Begleiter		
Cerastium latifolium	+	r
Papaver sendtneri	.	r
Poa alpina	1	.
Pritzelago alpina	1	+
Saxifraga aphylla	r	r
Thlaspi rotundifolium	1	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	1
Artenanzahl	9	9

Generell ist auch in dieser Fläche nur eine geringe Dynamik auszumachen. Dass diese Fläche zusammen mit den beiden nachfolgenden, in unmittelbarer Nachbarschaft befindlichen Dauerbeobachtungsflächen 24 und 25 trotz ihrer Lage in den Schutthalden wesentliche Merkmale der Kalk-Schneetälchen aufweist (siehe auch Kapitel 5.5.1.1.2), dürfte in der bereits angeführten Lage innerhalb der subnivalen Zone und unterhalb der beschattenden Wände des Schneefernerkopfes begründet sein. Hier herrscht eine im Vergleich zu den anderen Schutthalden der Plattumrahmung besonders lange Schneebedeckung (Abb. 51). An der Luv-Seite größerer Blöcke dieser Schutthalden konnte auch immer wieder die Akkumulation von Feinboden beobachtet werden, was das Arabidetum caeruleae zusätzlich begünstigen dürfte.



Abb. 51: Die Schutthalden der Plattumrahmung zwischen Schneefernerkopf und Wetterwanddeck Ende August 2011. In diesem Bereich konnte selbst im extrem schneearmen Sommer 2011 zu dieser Jahreszeit noch Altschnee angetroffen werden. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Zur etwas unterhalb von Fläche 23 gelegenen Dauerbeobachtungsfläche 24 (Tab. 46) liegen wiederum Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 vor.

Tab. 46: Dauerbeobachtungsfläche 24. RW: 0649160; HW: 5252197.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	182	241
Höhe (m)	2430	2430
Exposition	0	0
Neigung (°)	7.5	7.5
Höhe Kra. (cm)	5	7.5
Deck. Kra. (%)	7	7
Deck. Moos (%)	1	0.5
Aufnahmefläche (m²)	15	15
AC		
Arabis caerulea	1	1
DA		
Saxifraga stellaris	+	+
KC		
Linaria alpina	r	r
Poa minor	2m	1
Begleiter		
Cerastium latifolium	+	+
Pritzelago alpina	2m	1
Salix herbacea	r	.
Saxifraga aphylla	r	r
Thlaspi rotundifolium	r	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-2
Artenanzahl	9	8

Diese Aufnahme, deren Arteninventar aufgrund des ähnlichen Standortes dem der vorangegangenen Fläche sehr ähnlich ist, wurde entsprechend im Jahr 2011 angelegt und im Folgejahr erneut aufgenommen. Die Artenanzahl nahm dabei um eine Art (acht Arten 2012) ab. Der Veränderungswert beträgt für die Wiederaufnahme -2. Die Deckung der Krautschicht blieb unverändert, deren Höhe nahm hingegen leicht zu. Insgesamt ist die Fläche als stabil für beide Aufnahmejahre anzusehen.

Etwas unterhalb schließt die Dauerbeobachtungsfläche 25 (Tab. 47) an. Die Hangneigung nimmt hier am Hangfuß der Schutthalde stark ab.

Tab. 47: Dauerbeobachtungsfläche 25. RW: 0649349; HW: 5252271.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	184	240
Höhe (m)	2419	2419
Exposition	.	.
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	10	7.5
Deck. Kra. (%)	2	5
Deck. Moos (%)	1	0.5
Aufnahmefläche (m²)	9	9
AC		
Arabis caerulea	1	1
DA		
Saxifraga stellaris	.	1
KC		
Moehringia ciliata	.	r
Poa minor	1	1
Begleiter		
Cerastium latifolium	+	r
Papaver sendtneri	.	r
Pritzelago alpina	+	+
Saxifraga aphylla	.	r
Thlaspi rotundifolium	+	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	4
Artenanzahl	5	9

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Anders als in den vorangegangenen beiden Flächen ist in der Dauerbeobachtungsfläche 25 eine deutliche Zunahme der Artenanzahl in den beiden Aufnahmejahren (2011: 5; 2012: 9) zu erkennen. Dabei kamen nur neue Arten hinzu und die Arten der Erstaufnahme 2012 blieben weiterhin vertreten. Der Veränderungswert beträgt 4. Auch die Deckung der Krautschicht nahm zu, die Höhe dagegen leicht ab. Bei den sich neu eingestellten Arten handelt es sich sowohl um Arten des Arabidetum caeruleae (*Saxifraga stellaris*) als auch um typische Pflanzen des Thlaspietum rotundifolii (*Papaver Sendtneri*; *Saxifraga aphylla*).

Östlich der UFS, im oberen Weißen Tal zu Füßen der Zugspitze befindet sich die Dauerbeobachtungsfläche 26 (Tab. 48).

Tab. 48: Dauerbeobachtungsfläche 26. RW: 0649825; HW: 5253305.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	192	269
Höhe (m)	2538	2538
Exposition	S	S
Neigung (°)	2.5	2.5
Höhe Kra. (cm)	6	5
Deck. Kra. (%)	0.5	2.5
Deck. Moos (%)	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	25	25
AC		
Arabis caerulea	+	1
KC		
Poa minor	r	+
Begleiter		
Cerastium latifolium	+	1
Papaver sendtneri	1	1
Pritzelago alpina	1	1
Saxifraga aphylla	1	1
Thlaspi rotundifolium	1	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	3
Artenanzahl	7	7

Für diese Fläche liegen bisher Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Hierbei blieb die Artenanzahl mit jeweils sieben festgestellten Arten konstant, es konnten auch keine Veränderungen des Arteninventars festgestellt werden. Drei Arten wiesen bei der Wiederaufnahme eine größere Artmächtigkeit auf, so dass der Veränderungswert 3 beträgt. Die Deckung der Krautschicht nahm im zweiten Aufnahmejahr zu, ihre Höhe geringfügig ab. Es liegt hier wiederum eine Fläche vor, die neben der Hauptkennart des Arabidetum caeruleae unter den Begleitarten auch typische Pflanzen des Thlaspietum rotundifolii aufweist. Die positive Entwicklung 2012 dürfte in dem entsprechend günstigeren Witterungsverlauf dieses Jahres begründet sein.

Eine entsprechend sehr ähnliche Dynamik weist auch die benachbarte Dauerbeobachtungsfläche 27 (Tab. 49) auf. Die festgestellte Artenanzahl war 2011 und 2012 mit je sechs Arten gleich. Allerdings konnte dabei 2012 eine *Poa minor* nicht mehr erfasst werden, stattdessen trat *Saxifraga aphylla* erstmals auf. Die Veränderung der Artmächtigkeit entwickelte sich mit dem Wert 1 leicht positiv. Dabei wurde im Vergleich zum Vorjahr ein geringerer Deckungswert der Krautschicht erfasst, dafür nahm deren Höhe leicht zu.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 49: Dauerbeobachtungsfläche 27. RW: 0649807; HW: 5253298.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	197	270
Höhe (m)	2532	2532
Exposition	SSW	SSW
Neigung (°)	30	30
Höhe Kra. (cm)	5	7.5
Deck. Kra. (%)	5	2.5
Deck. Moos (%)	0.5	1
Aufnahmefläche (m²)	25	25
AC		
<i>Arabis caerulea</i>	r	+
KC		
<i>Poa minor</i>	1	.
Begleiter		
<i>Cerastium latifolium</i>	+	1
<i>Papaver sendtneri</i>	1	1
<i>Pritzelago alpina</i>	1	+
<i>Saxifraga aphylla</i>	.	+
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	1	1
And. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	1
Artenanzahl	6	6

6.6 Das Monitoring der Flächen des *Thlaspietum rotundifolii*

Ausgehend von der syntaxonomischen Einordnung der Erstaufnahmen der jeweiligen Dauerbeobachtungsflächen fanden sieben Flächen (Dauerbeobachtungsflächen 28-34) Eingang in das bisherige Monitoring.

Die Dauerbeobachtungsfläche 28 (Tab. 50) ist eine relativ artenreiche Fläche auf dem nördlichen Zugspitzplatt im Übergangsbereich zwischen den alpinen Rasen und der subnivalen Zone.

Für diese Fläche liegen aktuell Aufnahmen aus den Jahren 2010-2012 vor. Dabei wurden bei den ersten Aufnahmen je 16 Arten gefunden, 2012 sank diese Zahl jedoch deutlich auf nur noch elf Arten. 2011 wurden vier der im Vorjahr erfassten Pflanzenarten nicht mehr angetroffen, dafür kamen vier bisher für diesen Standort nicht vermerkte Spezies hinzu. 2012 verschwanden wiederum gegenüber dem Vorjahr sieben Arten und zwei kamen hinzu. Eine davon (*Veronica alpina*) war dabei schon in der Erstaufnahme vertreten. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit war bei der ersten Wiederaufnahme negativ (-4), um dann in der zweiten Wiederaufnahme trotz des Artenrückgangs einen leicht positiven Wert (1) anzunehmen. Die Deckung der Krautschicht entwickelte sich nach einem Jahr leicht rückläufig, um danach den Ausgangswert deutlich zu übersteigen. Die Höhe der Vegetation nahm ebenfalls zunächst ab, um 2012 dann wieder die Ausgangshöhe zu erreichen.

Insgesamt erscheint die syntaxonomische Zugehörigkeit dieser Fläche zu einer bestimmten Assoziation nicht sonderlich ausgeprägt zu sein. Bei der Erstaufnahme wurde sie aufgrund der Assoziationskennart *Saxifraga aphylla* und einiger Charakterarten höherer Rangstufen dem *Thlaspietum rotundifolii* zugerechnet. Da diese Kennart bei der ersten Wiederaufnahme nicht mehr aufgefunden werden konnte, müsste wegen des Auftretens von *Arabis caerulea* und *Gnaphalium hoppeanum* nun eine Zuordnung zum *Arabidetum caeruleae* erfolgen. In der dritten Aufnahme verschwand *Arabis caerulea* wieder, dafür trat mit *Androsace chamaejasme* auch eine Assoziations- bzw. Verbandscharakterart des *Caricetum firmiae* auf.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Ferner sind unter den Begleitern weitere charakteristische Arten sowohl der Elymo-Seslerietea als auch der Arabidetalia caeruleae vertreten.

Tab. 50: Dauerbeobachtungsfläche 28. RW: 0650630; HW: 5253019.

Jahr	2010	2011	2012
Aufnahme	68	131	214
Höhe (m)	2375	2375	2375
Exposition	NO	NO	NO
Neigung (°)	80	80	80
Höhe Kra. (cm)	15	10	15
Deck. Kra. (%)	5	4	10
Deck. Moos (%)	1	4	1.5
Aufnahmefläche (m²)	6	6	6
AC			
Saxifraga aphylla	+	.	.
VC			
Pritzelago alpina	+	+	.
OC			
Campanula cochleariifolia	1	+	1
Moehringia ciliata	+	+	.
Poa minor	.	+	1
Sedum atratum	+	r	r
DO			
Minuartia verna subsp. gerardii	.	r	.
Begleiter			
Androsace chamaejasme	.	.	1
Arabis bellidifolia	+	r	+
Arabis caerulea	.	+	.
Asplenium viride	+	+	1
Campanula scheuchzeri	1	1	2m
Carex parviflora	.	r	.
Cystopteris alpina	1	1	2m
Gnaphalium hoppeanum	+	r	1
Minuartia sedoides	r	r	.
Poa alpina	+	.	.
Saxifraga androsacea	+	1	.
Saxifraga stellaris	r	r	+
Sesleria albicans	r	.	.
Veronica alpina	1	.	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.		-4	1
Artenanzahl	16	16	11

Insgesamt scheint die Dauerbeobachtungsfläche 28 sehr stark von der besonderen Dynamik zu zeugen, die in den Ökotonen des Untersuchungsgebiets herrscht. An der Grenze zwischen alpiner und subnivaler Höhenstufe durchdringen sich Arten verschiedener Gesellschaften und die bisher zu dieser Fläche vorliegenden Daten scheinen zu bestätigen, dass je nach Witterungsverlauf der Einzeljahre einzelne Arten verschiedener Gesellschaften Konkurrenzvorteile erlangen.

Die Dauerbeobachtungsfläche 29 (Tab. 51) befindet sich auf dem südwestlichen Zugspitzplatt. Es liegen für diese Fläche bisher zwei Aufnahmen aus den Jahren 2011 sowie 2012 vor. Hierbei nahm die erfasste Artenanzahl bei der Wiederaufnahme um vier Arten gegenüber der Erstaufnahme ab. Das Arteninventar blieb ansonsten unverändert. Der Wert der Arten, bei denen eine Veränderung der Artmächtigkeit zu verzeichnen war, beträgt -3. Höhe und Deckung der Krautschicht blieben in beiden Aufnahmen unverändert.

Die negative Entwicklung, die diese Fläche 2012 nahm, ist wahrscheinlich wiederum dem sehr unterschiedlichen Witterungsverlauf der Jahre 2011 und 2012 zuzuschreiben. Für diese Einschätzung spricht analog zur nahegelegenen Dauerbeobachtungsfläche 6 die Tatsache,

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

dass *Carex firma*, von der bei der Erstaufnahme 2011 ein Keimling gefunden werden konnte, 2012 nicht mehr auftrat.

Tab. 51: Dauerbeobachtungsfläche 29. RW: 0649872; HW: 5251736.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	167	204
Höhe (m)	2428	2428
Exposition	WSW	WSW
Neigung (°)	0	0
Höhe Kra. (cm)	5	5
Deck. Kra. (%)	5	5
Deck. Moos (%)	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	16	16
AC		
Papaver sendtneri	+	r
Saxifraga aphylla	1	2m
Thlaspi rotundifolium	2m	1
VC		
Cerastium latifolium	1	1
Pritzelago alpina	1	.
OC		
Moehringia ciliata	+	+
Poa minor	r	r
Sedum atratum	+	.
DO		
Minuartia verna subsp. gerardii	+	+
KC		
Linaria alpina	+	1
Begleiter		
Carex firma	r	.
Saxifraga androsacea	+	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-3
Artenanzahl	12	8

In unmittelbarer Nachbarschaft schließt die Dauerbeobachtungsfläche 30 (Tab. 52) an.

Tab. 52: Dauerbeobachtungsfläche 30. RW: 0649876; HW: 5251727.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	166	205
Höhe (m)	2429	2429
Exposition	NW	NW
Neigung (°)	30	30
Höhe Kra. (cm)	5	5
Deck. Kra. (%)	3.5	5
Deck. Moos (%)	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	16	16
AC		
Saxifraga aphylla	1	+
Thlaspi rotundifolium	+	2m
VC		
Pritzelago alpina	1	2m
OC		
Poa minor	+	.
Moehringia ciliata	+	1
DO		
Minuartia verna subsp. gerardii	+	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	1
Artenanzahl	6	5

Die Aufnahmen zu dieser Fläche wurden ebenfalls 2011 und 2012 erhoben. Hierbei kam es bei der Wiederaufnahme zum Verlust einer Art (*Poa minor*). Der Veränderungswert der Artmächtigkeit entwickelte sich dagegen leicht positiv (1). Die Deckung der Krautschicht nahm leicht zu und deren Höhe blieb konstant. Insgesamt präsentierte sich diese Fläche

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

während des bisherigen Monitorings als weitgehend stabil mit leicht positiver Tendenz bezüglich der Entwicklung der oberirdischen Phytomasse im Jahr 2012.

Die Dauerbeobachtungsflächen 31 und 32 (Tab. 53; 54) befinden sich unmittelbar zu Füßen der UFS am Anfang des Steigs in Richtung des Zugspitzgipfels.

Tab. 53: Dauerbeobachtungsfläche 31. RW: 0649508; HW: 5253218.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	136	209
Höhe (m)	2555	2555
Exposition	NW	NW
Neigung (°)	1	1
Höhe Kra. (cm)	7	5
Deck. Kra. (%)	1	2
Deck. Moos (%)	0	0
Aufnahmefläche (m²)	30	30
AC		
<i>Saxifraga aphylla</i>	r	.
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	.	r
VC		
<i>Cerastium latifolium</i>	+	+
OC		
<i>Poa minor</i>	1	1
<i>Arabis bellidifolia</i>	+	r
Begleiter		
<i>Arabis caerulea</i> (AC)	.	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.
Artenanzahl	4	5

Für diese sehr artenarme Fläche 31 liegen Daten aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Hierbei erhöhte sich die Anzahl der auf dieser Fläche wachsenden Arten um eine Art (*Arabis caerulea*). Der Veränderungswert beträgt 0. Die Deckung der Krautschicht nahm in der Wiederaufnahme etwas zu, die Höhe dagegen leicht ab.

Insgesamt weist diese Fläche einen für das Untersuchungsgebiet typisch subnivalen Charakter auf mit sehr lückiger und artenarmer Vegetation, die sich nur noch auf solche Arten beschränkt, die entsprechend an die am Standort herrschenden, extremen Umweltbedingungen angepasst sind. Bezüglich der syntaxonomischen Einordnung wird dabei wie bereits bei vorangegangenen Flächen deutlich, wie stark sich die Täschelkraut-Halden und das Gänsekresse-Schneetälchen besonders in der subnivalen Zone durchdringen. Durch das Auftreten von *Arabis caerulea* in der Wiederaufnahme müsste auch deren syntaxonomische Einteilung für dieses Jahr mit wesentlich späterem Ausapern des Geländes entsprechend angepasst werden.

Bei der Dauerbeobachtungsfläche 32 handelt es sich mit drei festgestellten Arten um die artenärmste Fläche, die in das bisherige Monitoring aufgenommen worden ist. Weiter ist es die einzige Fläche, bei der es im Zuge der Wiederaufnahme 2012 im Vergleich zur Erstaufnahme 2011 zu keinerlei Veränderungen sowohl des Arteninventars als auch der Artmächtigkeit gekommen ist. Die Deckung der Krautschicht nahm 2012 leicht zu und deren Höhe etwas ab. Insgesamt präsentiert sich die Fläche somit als bisher sehr stabil.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 54: Dauerbeobachtungsfläche 32. RW: 0649477; HW: 5253263.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	137	210
Höhe (m)	2567	2567
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	35	35
Höhe Kra. (cm)	7	5
Deck. Kra. (%)	4	5
Deck. Moos (%)	0.5	0
Aufnahmefläche (m²)	15	15
AC		
Thlaspi rotundifolium	2m	2m
VC		
Cerastium latifolium	1	1
OC		
Poa minor	+	+
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	.
Artenanzahl	3	3

Östlich der Flächen 31-32, an der Südflanke des oberen Weißen Tals, befindet sich auf holozänem Moränenmaterial die Dauerbeobachtungsfläche 33 (Tab. 55).

Tab. 55: Dauerbeobachtungsfläche 33. RW: 0649849; HW: 5253165.

Jahr	2010	2012
Aufnahme	73	211
Höhe (m)	2560	2560
Exposition	SSW	SSW
Neigung (°)	45	45
Höhe Kra. (cm)	15	10
Deck. Kra. (%)	10	15
Deck. Moos (%)	0	0
Aufnahmefläche (m²)	10	10
AC		
Papaver sendtneri	1	2m
Thlaspi rotundifolium	+	+
VC		
Cerastium latifolium	1	1
Begleiter		
Poa alpina	1	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	1
Artenanzahl	4	4

Die Vegetation dieser Dauerbeobachtungsfläche mit eindeutig subnivalem Charakter ist gemäß dem geschilderten Standort ein typisches Thlaspietum rotundifolii „papaveretosum sendtneri“ (siehe Kapitel 5.5.1.2.1.1). Für die in beiden Aufnahmen je vier Arten aufweisende Fläche liegen bisher Daten aus den Jahren 2010 und 2012 vor. Die Artmächtigkeit der dieser Subassoziation der Täschelkraut-Halde namensgebenden Art *Papaver sendtneri* nahm hierbei in der Wiederaufnahme zu. Ebenfalls zugenommen hat die Deckung der Krautschicht bei einer Abnahme ihrer Höhe.

Die auf dieser Fläche ablaufende Vegetationsdynamik ist somit als gering zu erachten und die Vegetation entsprechend stabil. Die feststellbaren leichten Veränderungen der Artmächtigkeit können hierbei auch einem unterschiedlichen phänologischen Aspekt während des jeweiligen Aufnahmezeitpunkts geschuldet sein.

Die auf der gleichen holozänen Moräne gelegene Dauerbeobachtungsfläche 34 (Tab. 56) ist bei weitgehend ähnlichen Standortbedingungen dagegen nicht durchgehend der durch den Alpenmohn geprägten Subassoziation zuzurechnen.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 56: Dauerbeobachtungsfläche 34. RW: 0650405; HW: 5253198.

Jahr	2010	2012
Aufnahme	72	227
Höhe (m)	2457	2457
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	45	45
Höhe Kra. (cm)	5	7.5
Deck. Kra. (%)	20	4
Deck. Moos (%)	0	0
Aufnahmefläche (m²)	15	15
AC		
<i>Papaver sendtneri</i>	.	+
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	1	1
<i>Pritzelago alpina</i>	1	+
VC		
<i>Cerastium latifolium</i>	2m	2m
Begleiter		
<i>Poa alpina</i>	2m	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-1
Artenanzahl	4	5

Für diese Fläche liegen ebenfalls Aufnahmen aus den Jahren 2010 und 2012 vor. Hierbei erhöhte sich die Anzahl der bei der Wiederaufnahme festgestellten Arten um *Papaver sendtneri*, der bei der Erstaufnahme noch nicht festgestellt werden konnte. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit ist leicht negativ (-1). Es ist ein deutlicher Rückgang des Deckungswerts der Krautschicht zu verzeichnen bei einer leicht positiven Entwicklung der Höhe.

Wie bereits bei anderen Aufnahmen verschiedener vorangegangener Dauerbeobachtungsflächen erläutert, ist auch hier eine abweichende syntaxonomische Zuordnung, wenn auch nur unterhalb der Gesellschaftsebene notwendig. Während die Erstaufnahme der typischen Täschelkraut-Halde zuzuordnen ist, macht das Auftreten von *Papaver sendtneri* in der zweiten Aufnahme die Verschiebung hin zur entsprechenden Subassoziation notwendig.

Die im Vergleich zur vorangegangenen benachbarten Dauerbeobachtungsfläche deutlich abweichende Entwicklung zeigt erneut, dass viele der bisher getroffenen Aussagen über die Vegetationsdynamik des Zugspitzplatts auf Grundlage der bisher vorliegenden Daten mit Vorsicht zu treffen sind und erst eine künftig breitere Datenbasis belastbarere Ergebnisse garantieren kann (siehe Kapitel 8 ff.). Einen Hinweis auf Beweidung mögen im vorliegenden Fall die in der zweiten Aufnahme deutlich zurückgegangene Deckung der Krautschicht und hier besonders der Rückgang von *Poa alpina* liefern.

6.7 Das Monitoring der Flächen des *Leontodontetum montani*

Die Bergglöwenzahn-Halden des Untersuchungsgebiets sind schließlich in den letzten vier bisher angelegten Dauerbeobachtungsflächen des Untersuchungsgebiets dargestellt.

Die Bergglöwenzahnhalde auf der Dauerbeobachtungsfläche 35 (Tab. 57) ist wiederum auf dem südwestlichen Zugspitzplatt gelegen. Es liegen drei Aufnahmen aus den aufeinanderfolgenden Jahren 2011-2013 vor. Hierbei entwickelte sich die Artenanzahl

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

zunächst deutlich positiv mit einem Anstieg um fünf Arten 2012, im Folgejahr nahm dieser Wert nur leicht um eine Spezies ab. Während 2012 keine bei der Anlage der Fläche erfassten Arten verschwanden und somit lediglich Arten neu hinzukamen, konnten 2013 drei der im Vorjahr neu vorgefundenen Spezies nicht mehr angetroffen werden. Es kamen dafür zwei weitere bisher nicht erfasste Pflanzen neu hinzu. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit ist in beiden Wiederaufnahmen positiv (7; 2). Dementsprechend entwickelte sich auch die Deckung der Krautschicht im ersten Jahr positiv, im zweiten dagegen leicht negativ, überstieg aber immer noch den Ausgangswert. Die Höhe der Krautschicht nahm dabei zunächst stark ab, um sich 2013 wieder leicht zu erholen.

Tab. 57: Dauerbeobachtungsfläche 35. RW: 0649861; HW: 5251925.

Jahr	2011	2012	2013
Aufnahme	174	202	272
Höhe (m)	2403	2403	2403
Exposition	SSW	SSW	SSW
Neigung (°)	20	20	20
Höhe Kra. (cm)	15	7.5	12
Deck. Kra. (%)	5	10	7
Deck. Moos (%)	0.5	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m ²)	16	16	16
AC			
Leontodon montanus	1	2m	1
VC			
Pritzelago alpina	+	r	+
Saxifraga aphylla	1	1	1
Thlaspi rotundifolium	1	1	1
DV			
Saxifraga moschata	.	+	.
Veronica aphylla	.	r	.
OC			
Moehringia ciliata	+	+	1
Poa minor	1	2m	1
DO			
Minuartia verna subsp. gerardii	+	1	1
Taraxacum alpinum	.	r	+
KC			
Linaria alpina	+	+	1
Begleiter			
Arabis bellidifolia	.	.	+
Campanula scheuchzeri	.	+	.
Petrocallis pyrenaica	1	1	1
Ranunculus alpestris	.	r	+
Veronica alpina	.	.	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	7	2
Artenanzahl	9	14	13

Eine Deutung der hier zu beobachtenden Vegetationsdynamik erscheint anhand der bisher vorliegenden Daten schwierig, da der günstige Verlauf besonders 2012 im Gegensatz zum vorangegangenen sehr witterungsbegünstigten Jahr 2011 steht. Insgesamt sind die Kennarten aller Rangklassen stetig in allen Aufnahmen vertreten und die wesentlichen Änderungen sind auf die Trennarten sowie die Begleiter konzentriert. Die Beeinflussung durch die Beweidung ist in diesem Bereich sicherlich nicht so hoch einzuschätzen und konzentriert sich eigenen Beobachtungen zu Folge auf die Rasenfragmente dieses Abschnitts des Untersuchungsgebiets.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

In der näheren Nachbarschaft zur Dauerbeobachtungsfläche 28, im Übergangsökoton zwischen alpiner und subnivaler Höhenstufe des nördlichen Zugspitzplatts gelegen ist die Fläche 36 (Tab. 58).

Tab. 58: Dauerbeobachtungsfläche 36. RW: 0650662; HW: 5253126.

Jahr	2010	2012
Aufnahme	65	216
Höhe (m)	2377	2377
Exposition	SO	SO
Neigung (°)	15	15
Höhe Kra. (cm)	10	7.5
Deck. Kra. (%)	10	5
Deck. Moos (%)	1	0.5
Aufnahmefläche (m²)	10	10
AC		
Leontodon montanus	2m	2m
DA		
Gnaphalium hoppeanum	r	r
VC		
Achillea atrata	1	+
Pritzelago alpina	1	r
Saxifraga aphylla	1	+
Thlaspi rotundifolium	1	.
Valeriana supina	r	+
DV		
Veronica aphylla	+	1
OC		
Campanula cochleariifolia	1	1
Arabis bellidifolia	1	1
Moehringia ciliata	1	.
Sedum atratum	r	.
DO		
Minuartia verna subsp. gerardii	.	+
Begleiter		
Campanula scheuchzeri	2m	.
Carex ornithopodioides	1	1
Carex parviflora	.	r
Minuartia sedoides	r	r
Poa alpina	2a	1
Ranunculus alpestris	1	1
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-4
Artenanzahl	17	15

Für diese Fläche liegen Aufnahmen aus den Jahren 2010 sowie 2012 vor. Hierbei nahm die Artenanzahl von 17 auf 15 ab. Dabei traten in der Wiederaufnahme vier der ursprünglich erfassten Arten nicht mehr auf, zwei Spezies kamen neu hinzu. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit ist mit -4 negativ. Deckung und Höhe der Krautschicht nahmen in der Wiederaufnahme ab.

Bis auf *Thlaspi rotundifolium* sind alle Kenn- und Trennarten der Assoziations- und Verbandsebene in beiden Aufnahmen vertreten. Die allgemein negative Entwicklung, die in den zwei zwischen den Aufnahmen liegenden Jahren eintrat, kann soweit nicht vollständig erklärt werden. Beide Aufnahmen erfolgten Ende Juli. Nachdem 2012 das Gelände etwas später ausaperte als 2010 scheint eine unterschiedlich weit vorangeschrittene Vegetationsperiode jedoch zumindest ein Grund für das vorliegende Zwischenergebnis zu sein.

Etwas weiter östlich im mittleren Weißen Tal befindet sich die Dauerbeobachtungsfläche 37 (Tab. 59). Für diese Fläche liegen Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 vor. Hierbei

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

nahm die Artenanzahl deutlich um vier Arten zu. Dabei konnte eine der in der Ursprungsaufnahme vertretenen Spezies nicht mehr nachgewiesen werden. Es kamen aber fünf neue Arten hinzu. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit ist mit 10 deutlich positiv. Zugleich nahm die Deckung der Krautschicht zu, deren Höhe war in der Wiederaufnahme minimal geringer.

Tab. 59: Dauerbeobachtungsfläche 37. RW: 0651116; HW: 5253314.

Jahr	2011	2012
Aufnahme	143	224
Höhe (m)	2321	2321
Exposition	NW	NW
Neigung (°)	15	15
Höhe Kra. (cm)	7.5	7
Deck. Kra. (%)	5	10
Deck. Moos (%)	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	9	9
AC		
<i>Leontodon montanus</i>	1	1
DA		
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	+	1
VC		
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	+	1
DV		
<i>Pritzelago alpina</i>	.	1
<i>Veronica aphylla</i>	.	1
OC		
<i>Moehringia ciliata</i>	+	1
<i>Poa minor</i>	1	1
<i>Sedum atratum</i>	+	1
DO		
<i>Taraxacum alpinum</i>	r	+
KC		
<i>Linaria alpina</i>	.	r
Begleiter		
<i>Arabis caerulea</i> (AC)	.	1
<i>Saxifraga androsacea</i>	.	2m
<i>Saxifraga stellaris</i>	r	+
<i>Veronica alpina</i>	1	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	10
Artenanzahl	9	13

Auch bei dieser Fläche erscheint die nun deutlich positive Entwicklung innerhalb eines Jahres zunächst nicht leicht zu erklären, zumal 2012 der Witterungsverlauf merklich negativer war als 2011. Eine detailliertere Betrachtung zeigt jedoch eine massive Zunahme der Arten des *Arabidetum caeruleae* in der Wiederaufnahme. Eine solche Entwicklung wäre wiederum mit einer späteren Ausaperung und einer entsprechenden Begünstigung der Arten des Gänsekresse-Schneetälchens 2012 zu erklären. Allerdings schien dies dem Bestand von *Leontodon montanus* bisher nicht zu schaden. Syntaxonomisch erscheint die Angliederung der Wiederaufnahme an das *Arabidetum caeruleae* angezeigt.

Die Dauerbeobachtungsfläche 38 (Tab. 60) befindet sich schließlich wie die Fläche 35 auf dem südwestlichen Zugspitzplatt. Allerdings sind beide Flächen durch einen Felsrücken getrennt, so dass die standörtlichen Gegebenheiten beider Flächen stark variieren. Weiter erfolgten die Aufnahmejahre teilweise voneinander abweichend.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 60: Dauerbeobachtungsfläche 38. RW: 0649796; HW: 5251577.

Jahr	2010	2012	2013
Aufnahme	94	238	275
Höhe (m)	2423	2423	2423
Exposition	OSO	OSO	OSO
Neigung (°)	10	10	10
Höhe Kra. (cm)	10	10	8
Deck. Kra. (%)	8	10	15
Deck. Moos (%)	0.5	0.5	0.5
Aufnahmefläche (m²)	8	8	8
AC			
Leontodon montanus	1	+	+
VC			
Achillea atrata	1	1	1
Cerastium latifolium	+	r	+
Pritzelago alpina	+	.	+
Saxifraga aphylla	1	r	r
Thlaspi rotundifolium	1	+	.
Valeriana supina	+	+	r
DV			
Saxifraga moschata	+	+	r
Veronica aphylla	r	1	.
OC			
Arabis bellidifolia	1	1	r
Campanula cochleariifolia	r	1	.
Moehringia ciliata	1	.	1
Poa minor	2m	1	1
Sedum atratum	1	+	.
DO			
Minuartia verna subsp. gerardii	.	+	.
Taraxacum alpinum	.	+	.
KC			
Linaria alpina	1	r	+
Saxifraga oppositifolia	+	1	+
Begleiter			
Bistorta vivipara	+	1	.
Campanula scheuchzeri	.	.	1
Carex ornithopodioides	+	1	1
Petrocallis pyrenaica	.	.	1
Ranunculus alpestris	2m	1	1
Saxifraga stellaris	r	.	.
Silene acaulis	r	+	+
Veronica alpina	+	.	.
Änd. gegenüb. vorangeg. Aufn.	.	-5	-5
Artenanzahl	22	20	17

Für die Fläche 38 liegen Aufnahmen aus den Jahren 2010, 2012 und 2013 vor. Hierbei entwickelte sich die Artenanzahl in beiden Wiederaufnahmen negativ (-2 Arten bzw. -3 Arten). 2012 kamen vier der in der Erstaufnahme erfassten Spezies nicht mehr vor, zwei Arten traten neu hinzu. Ein Jahr später konnten sieben der Vorjahresarten nicht mehr festgestellt werden, darunter die beiden 2012 erstmals aufgetretenen *Minuartia verna* und *Taraxacum alpinum*, vier Arten kamen hinzu, von denen wiederum zwei bereits in der Ursprungsaufnahme vertreten waren. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit ist in beiden Wiederaufnahmen mit jeweils -5 negativ. Die Deckung der Krautschicht nahm gegen den Trend der Artenverarmung zu, deren Höhe in der letzten Aufnahme jedoch leicht ab. Diese Zunahme der Deckung der Krautschicht bei ansonsten auch gegenläufiger Entwicklung der Artmächtigkeit ist der Tatsache geschuldet, dass 2013 *Moehringia ciliata* und auch *Achillea atrata* besonders stark an Deckung zugenommen haben, ohne jedoch dabei den 5% Schwellenwert zum Artmächtigkeitswert 2a zu erreichen. Weiter erreichen mit *Petrocallis pyrenaica* und *Carex ornithopodioides* zwei neue Arten den Artmächtigkeitswert 1. Die Zu- und Abnahme der Einzelarten dieser Fläche ist ansonsten auf keine, einer bestimmten

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Assoziation zugehörigen Artengruppe beschränkt, so dass vorläufig eine weitergehende Interpretation der Vegetationsdynamik dieser Fläche schwierig erscheint.

6.8 Zusammenfassende Darstellung aller Dauerbeobachtungsflächen

In Tab. 61 sind nun abschließend die wichtigsten Parameter (Artenanzahl, Änderungswert der Artmächtigkeit gegenüber der vorangegangenen Aufnahme, Deckung und Höhe der Krautschicht) der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Dauerbeobachtungsflächen für die betreffenden Pflanzengesellschaften und Aufnahmejahre zusammengefasst. Hierbei liegt das Augenmerk auf der jeweiligen Anzahl der Fälle mit einer positiven, neutralen bzw. negativen Entwicklung der jeweiligen Parameter.

Tab. 61: Zusammenfassende Darstellung wichtiger Parameter des bisherigen Dauermonitorings. Addiert wurde die jeweilige Anzahl positiver (grün), neutraler (blau) und negativer (rot) Entwicklungen.

Fläche	Artenanzzahl				Σ	Änd. geg. vorang. Aufn.				Σ	Deckung Krautschicht (%)				Σ	Höhe Krautschicht (cm)				Σ	Σ Assoz.	Σ Einzeljahre		
	2010	2011	2012	2013		2011-13	2010	2011	2012		2013	2011-13	2010	2011		2012	2013	2011-13	2010			2011	2012	2013
1	49	40	.	.	.	.	-14	.	.	.	90	95	.	.	.	35	35	.	.	.	2	1	1	.
2	.	34	23	.	.	.	.	-6	.	.	.	20	30	.	.	.	30	30	30	.	2	1	1	.
Σ pos.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	2	.	.	.	.	.	2	1	1	.
Σ neut.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	2	1	1	.
Σ neg.	.	1	1	.	2	.	1	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	2	2	.
3	34	25	.	.	.	.	-25	.	.	.	85	75	.	.	.	30	20	.	.	.	.	.	.	.
4	13	11	16	.	.	.	-4	9	.	.	60	60	75	.	.	13	17,5	15	.	.	.	.	.	.
5	.	8	11	13	.	.	.	7	2	.	.	30	30	30	.	.	20	17,5	7,5	.	.	.	.	.
6	.	13	12	.	.	.	.	1	.	.	.	20	20	.	.	.	5	5	.	.	.	.	.	.
7	.	12	12	11	.	.	.	.	2	.	.	20	20	25	.	.	15	15	10	.	.	.	.	.
8	.	13	10	.	.	.	.	-4	.	.	.	55	60	.	.	.	20	15	.	.	.	.	.	.
9	25	.	23	.	.	.	.	-7	.	.	90	.	95	.	.	15	.	5	.	.	.	.	.	.
10	.	17	19	15	.	.	.	.	-6	.	.	85	80	90	.	.	10	7,5	20	.	.	.	.	.
11	.	25	17	.	.	.	.	-6	.	.	.	35	35	.	.	.	30	15	.	.	.	.	.	.
12	27	.	.	24	.	.	.	.	-6	.	50	.	.	75	.	20	.	.	20	.	.	.	.	.
13	27	.	.	20	.	.	.	.	-5	.	50	.	.	45	.	20	.	.	10	.	.	.	.	.
Σ pos.	.	.	3	1	4	.	.	3	2	5	.	3	3	.	6	.	1	1	1	2	17	1	9	7
Σ neut.	.	.	1	.	1	.	.	2	.	2	.	1	4	1	6	.	.	2	1	3	12	1	9	2
Σ neg.	.	2	4	4	10	.	2	3	3	8	.	1	1	1	3	.	1	6	3	10	31	6	14	9
14	.	39	25	.	.	.	.	-15	.	.	.	55	50	.	.	.	25	25	.	.	.	.	.	.
Σ pos.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Σ neut.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.
Σ neg.	.	.	1	.	1	.	.	1	.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	3	.	.	.
15	.	17	10	14	.	.	.	-7	-3	.	.	98	90	95	.	.	20	20	25	.	3	.	.	3
Σ pos.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	2	.	.	1	.	1	.	.	1	.	1	1	.	.	3
Σ neut.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	1
Σ neg.	.	.	1	.	1	.	.	1	1	2	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	4	.	.	4
16	18	17	17	.	.	.	-6	6	.	.	15	15	10	.	.	10	7	5	.	.	18	4	14	.
17	19	23	20	.	.	.	3	-4	.	.	20	20	20	.	.	7	7	5	.	.	15	5	10	.
18	21	20	16	.	.	.	-4	-4	.	.	35	35	35	.	.	10	7,5	5	.	.	27	7	20	.
19	8	10	.	.	.	.	-3	.	.	.	25	25	.	.	.	15	20	.	.	.	.	.	.	.
20	.	7	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3	.	.	.	7	5	.	.	.	.	.	.
21	.	10	9	.	.	.	.	.	.	.	.	25	10	.	.	.	6	3	.	.	.	.	.	.
22	.	7	9	.	.	.	.	4	.	.	.	10	15	.	.	.	5	7	.	.	.	.	.	.
23	.	9	9	.	.	.	.	1	.	.	.	5	5	.	.	.	10	7,5	.	.	.	.	.	.
24	.	9	8	.	.	.	.	-2	.	.	.	7	7	.	.	.	5	7,5	.	.	.	.	.	.
25	.	5	9	.	.	.	.	4	.	.	.	2	5	.	.	.	10	7,5	.	.	.	.	.	.
26	.	7	7	.	.	.	.	3	.	.	.	0,5	2,5	.	.	.	6	5	.	.	.	.	.	.
27	.	6	6	.	.	.	.	1	.	.	.	5	2,5	.	.	.	5	7,5	.	.	.	.	.	.
Σ pos.	.	2	2	.	4	.	1	6	.	7	.	.	3	.	3	.	1	3	.	4	18	4	14	.
Σ neut.	.	.	4	.	4	.	.	2	.	2	.	4	4	.	8	.	1	.	.	1	15	5	10	.
Σ neg.	.	2	5	.	7	.	3	3	.	6	.	.	4	.	4	.	2	8	.	10	27	7	20	.
28	16	16	11	.	.	.	-4	1	.	.	5	4	10	.	.	15	10	15	.	.	.	.	.	.
29	.	12	8	.	.	.	.	-3	.	.	.	5	5	.	.	.	5	5	.	.	.	.	.	.
30	.	6	5	.	.	.	.	1	.	.	.	3,5	5	.	.	.	5	5	.	.	.	.	.	.
31	.	4	5	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	7	5	.	.	.	.	.	.
32	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	4	5	.	.	.	7	5	.	.	.	.	.	.
33	4	.	4	.	.	.	.	1	.	.	10	.	15	.	.	15	.	10	.	.	.	.	.	.
34	4	.	5	.	.	.	.	-1	.	.	20	.	4	.	.	5	.	7,5	.	.	.	.	.	.
Σ pos.	.	.	2	.	2	.	.	3	.	3	.	.	5	.	5	.	.	2	.	2	12	.	12	.
Σ neut.	.	1	2	.	3	.	.	2	.	2	.	.	1	.	1	.	.	2	.	2	8	1	7	.
Σ neg.	.	.	3	.	3	.	1	2	.	3	.	1	1	.	2	.	1	3	.	4	13	3	9	.
35	.	9	14	13	.	.	.	7	2	.	.	5	10	7	.	.	15	7,5	12	.	.	.	.	.
36	17	.	15	.	.	.	.	-4	.	.	10	.	5	.	.	10	.	7,5	.	.	.	.	.	.
37	.	9	13	.	.	.	.	10	.	.	.	5	10	.	.	.	7,5	7	.	.	.	.	.	.
38	22	.	20	17	.	.	.	-5	-5	.	8	.	10	15	.	10	.	10	8	.	10	.	7	3
Σ pos.	.	.	2	.	2	.	.	2	1	3	.	.	3	1	4	.	.	.	1	1	10	.	7	3
Σ neut.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	1
Σ neg.	.	.	2	2	4	.	.	2	1	3	.	.	1	1	2	.	.	3	1	4	13	.	8	5
Σ pos.	.	2	9	2	13	.	1	14	3	18	.	1	15	5	21	.	2	5	3	10	62	6	43	13
Σ neut.	.	1	7	.	8	.	.	6	.	6	.	5	9	1	15	.	2	8	1	11	40	8	29	3
Σ neg.	.	5	17	6	28	.	7	13	5	25	.	2	9	2	13	.	4	20	4	28	94	18	59	17

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Insgesamt verlief diese Entwicklung im Zeitraum der Wiederaufnahmen (2011-2013) in 62 Fällen positiv, in 40 Fällen war eine neutrale Entwicklung zu verzeichnen und 94 mal konnte eine negative Entwicklung beobachtet werden. Bezogen auf die vier erfassten Parameter ist eine negative Entwicklung der Artenanzahl, des Veränderungswerts der Artmächtigkeit sowie der Höhe der Krautschicht festzustellen. Positiv entwickelte sich dagegen die Deckung der Krautschicht.

Auf Ebene der Assoziationen, die in das bisherige Monitoring Eingang fanden, sind folgende Entwicklungen für die Wiederaufnahmen 2011-2013 festzustellen:

Der Komplex des *Seslerio-Caricetum sempervirentis* (zwei Flächen) entwickelte sich hinsichtlich der Artenanzahl und des Veränderungswerts negativ, die Deckung der Krautschicht positiv, deren Höhe verhielt sich neutral.

Das *Caricetum firmae* (elf Flächen) wies bisher eine negative Entwicklung hinsichtlich der Artenanzahl, des Veränderungswert und der Höhe der Krautschicht auf. Die Deckung der Krautschicht entwickelte sich positiv.

Das *Geo montani-Nardetum strictae* (eine Fläche) wies eine negative Entwicklung der ersten drei Parameter auf, die Höhe der Krautschicht verhielt sich neutral.

Das *Alchemillo-Poetum supinae* (eine Fläche) entwickelte sich negativ bezüglich des Änderungswerts der Artmächtigkeit. Artenanzahl und Deckung der Krautschicht blieben neutral, bei deren Höhe stellte sich eine positive Entwicklung ein.

Das *Arabidetum caeruleae* (12 Flächen) entwickelte sich negativ in Bezug auf die Parameter Artenanzahl, Deckung und Höhe der Krautschicht. Der Änderungswert der Artmächtigkeit ist dagegen positiv.

Das *Thlaspietum rotundifolii* (sieben Flächen) zeigte negative Entwicklungen bezüglich der Artenanzahl und der Höhe der Krautschicht. Der Änderungswert verhielt sich neutral, die Deckung der Krautschicht entwickelte sich wiederum positiv.

Das *Leontodontetum montani* (vier Flächen) zeigte schließlich eine analoge Entwicklung zur Täschelkraut-Halde.

Die Anzahl positiver, neutraler und negativer Entwicklungen wird nun gesellschaftübergreifend in Tab. 62 für die sich aus Tab. 61 ergebenden, sechs direkten Vergleichsmöglichkeiten zweier Aufnahmejahre betrachtet. Monitoring-Flächen, für die drei Aufnahmen vorliegen, sind somit jeweils dreimal in den entsprechenden Zwei-Jahres-Vergleichen vertreten. Der Fokus der Betrachtung liegt in Tab. 62 auf der dynamischen Entwicklung der Vegetation des gesamten Zugspitzplatts für den bisherigen Monitoring-Zeitraum 2010-2013.

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 62: Gesellschaftsübergreifender Vergleich der Monitoring-Flächen. Addiert wurde die jeweilige Anzahl positiver (grün), neutraler (blau) und negativer (rot) Entwicklungen.

Fläche	Artenanzahl				Änd. geg. vorang. Aufn.				Deckung Krautschicht (%)				Höhe Krautschicht (cm)				Σ	
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013		
1	49	40	.	.	.	-14	.	.	90	95	.	.	35	35	.	.	2010 2011	
3	34	25	.	.	.	-25	.	.	85	75	.	.	30	20	.	.		
4	13	11	.	.	.	-4	.	.	60	60	.	.	13	17,5	.	.		
16	18	17	.	.	.	-6	.	.	15	15	.	.	10	7	.	.		
17	19	23	.	.	.	3	.	.	20	20	.	.	7	7	.	.		
18	21	20	.	.	.	-4	.	.	35	35	.	.	10	7,5	.	.		
19	8	10	.	.	.	-3	.	.	25	25	.	.	15	20	.	.		
28	16	16	.	.	.	-4	.	.	5	4	.	.	15	10	.	.		
Σ pos.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	6	
Σ neut.	.	1	5	.	.	.	2	.	.	8	
Σ neg.	.	5	.	.	.	7	.	.	.	2	.	.	.	4	.	.	18	
4	13	.	16	.	.	.	4	.	60	.	75	.	13	.	15	.	2010 2012	
9	25	.	23	.	.	.	-7	.	90	.	95	.	15	.	5	.		
16	18	.	17	.	.	.	.	.	15	.	10	.	10	.	5	.
17	19	.	20	.	.	.	.	.	20	.	20	.	7	.	5	.
18	21	.	16	.	.	.	-6	.	35	.	35	.	10	.	5	.		
28	16	.	11	.	.	.	-1	.	5	.	10	.	15	.	15	.		
33	4	.	4	.	.	.	1	.	10	.	15	.	15	.	10	.		
34	4	.	5	.	.	.	-1	.	20	.	4	.	5	.	7,5	.		
36	17	.	15	.	.	.	-4	.	10	.	5	.	10	.	7,5	.		
38	22	.	20	.	.	.	-5	.	8	.	10	.	10	.	10	.		
Σ pos.	.	.	3	.	.	.	2	.	.	.	5	.	.	.	2	.	12	
Σ neut.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	2	.	7	
Σ neg.	.	.	6	.	.	.	6	.	.	.	3	.	.	.	6	.	21	
12	27	.	.	24	.	.	.	-6	50	.	.	75	20	.	.	20	2010 2013	
13	27	.	.	20	.	.	.	-5	50	.	.	45	20	.	.	10		
38	22	.	.	17	.	.	.	-11	8	.	.	15	10	.	.	8		
Σ pos.	2	2	
Σ neut.	1	1	
Σ neg.	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	1	.	.	.	2	9	
2	.	34	23	.	.	.	-6	.	.	20	30	.	.	30	30	.	2011 2012 2013	
4	.	11	16	.	.	.	9	.	.	60	75	.	.	17,5	15	.		
5	.	8	11	.	.	.	7	.	.	30	30	.	.	20	17,5	.		
6	.	13	12	.	.	.	1	.	.	20	20	.	.	5	5	.		
7	.	12	12	.	.	.	.	.	.	20	20	.	.	15	15	.
8	.	13	10	.	.	.	-4	.	.	55	60	.	.	20	15	.		
10	.	17	19	.	.	.	.	.	.	85	80	.	.	10	7,5	.
11	.	25	17	.	.	.	-6	.	.	35	35	.	.	30	15	.		
14	.	39	25	.	.	.	-15	.	.	55	50	.	.	25	25	.		
15	.	17	10	.	.	.	-7	.	.	98	90	.	.	20	20	.		
16	.	17	17	.	.	.	6	.	.	15	10	.	.	7	5	.		
17	.	23	20	.	.	.	-4	.	.	20	20	.	.	7	5	.		
18	.	20	16	.	.	.	-4	.	.	35	35	.	.	7,5	5	.		
20	.	7	5	.	.	.	.	.	.	5	3	.	.	7	5	.
21	.	10	9	.	.	.	.	.	.	25	10	.	.	6	3	.
22	.	7	9	.	.	.	4	.	.	10	15	.	.	5	7	.		
23	.	9	9	.	.	.	1	.	.	5	5	.	.	10	7,5	.		
24	.	9	8	.	.	.	-2	.	.	7	7	.	.	5	7,5	.		
25	.	5	9	.	.	.	4	.	.	2	5	.	.	10	7,5	.		
26	.	7	7	.	.	.	3	.	.	0,5	2,5	.	.	6	5	.		
28	.	16	11	.	.	.	1	.	.	4	10	.	.	10	15	.		
27	.	6	6	.	.	.	1	.	.	5	2,5	.	.	5	7,5	.		
29	.	12	8	.	.	.	-3	.	.	5	5	.	.	5	5	.		
30	.	6	5	.	.	.	1	.	.	3,5	5	.	.	5	5	.		
31	.	4	5	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	7	5	.
32	.	3	3	.	.	.	.	.	.	4	5	.	.	7	5	.
35	.	9	14	.	.	.	7	.	.	5	10	.	.	15	7,5	.		
37	.	9	13	.	.	.	10	.	.	5	10	.	.	7,5	7	.		
Σ pos.	.	.	8	.	.	.	13	.	.	.	12	.	.	.	4	.	37	
Σ neut.	.	.	6	.	.	.	6	.	.	.	9	.	.	.	7	.	28	
Σ neg.	.	.	14	.	.	.	9	.	.	.	7	.	.	.	17	.	47	
5	.	8	.	13	.	.	.	7	.	30	.	30	.	20	.	7,5	2011 2013	
7	.	12	.	11	.	.	.	2	.	20	.	25	.	15	.	10		
10	.	17	.	15	.	.	.	-3	.	85	.	90	.	10	.	20		
15	.	17	.	14	.	.	.	-2	.	98	.	95	.	20	.	25		
35	.	9	.	13	.	.	.	7	.	5	.	7	.	15	.	12		
Σ pos.	.	.	.	2	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	3	11	
Σ neut.	1	1	
Σ neg.	2	.	.	.	1	.	.	.	2	8	
5	.	.	11	13	.	.	.	2	.	.	30	30	.	.	17,5	7,5	2012 2013	
7	.	.	12	11	.	.	.	2	.	.	20	25	.	.	15	10		
10	.	.	19	15	.	.	.	-6	.	.	80	90	.	.	7,5	20		
15	.	.	10	14	.	.	.	-3	.	.	90	95	.	.	20	25		
35	.	.	14	13	.	.	.	2	.	.	10	7	.	.	7,5	12		
38	.	.	20	17	.	.	.	-5	.	.	10	15	.	.	10	8		
Σ pos.	.	.	.	2	.	.	.	3	.	.	.	4	.	.	.	3	12	
Σ neut.	1	1	
Σ neg.	3	.	.	.	1	.	.	.	3	11	
																	Σ pos.	80
																	Σ neut.	46
																	Σ neg.	114

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Der Vergleich der beiden ersten Monitoring-Jahre 2010 und 2011 zeigt auf Grundlage von acht Aufnahmen eine negative Entwicklung aller vier Parameter. Am deutlichsten zeigt sich dies bei dem Veränderungswert der Artmächtigkeit, aber auch bei der Höhe der Krautschicht sowie der Artenanzahl. Lediglich leicht negativ entwickelte sich dagegen die Deckung der Krautschicht.

Im Zeitraum 2010-2012 (zehn Aufnahmen) entwickelten sich die Parameter Artenanzahl, Veränderungswert und Höhe der Krautschicht ebenfalls negativ, bei dem Deckungswert der Krautschicht war dagegen eine positive Entwicklung zu verzeichnen.

2010-2013 (drei Aufnahmen) zeigten sich identische Entwicklungstendenzen aller vier Werte. Dabei treten bei den Parametern Artenanzahl und Veränderungswert nur negative Werte auf. Auch bei der Höhe der Krautschicht fehlen positive Werte. Der Deckungswert entwickelte sich dagegen erneut, wenn auch nur leicht, positiv.

Die mit Abstand größte Anzahl an Aufnahmen (28), liefert ein Vergleich der Jahre 2011 und 2012. Hierbei entwickelten sich zwei Parameter, die Artenanzahl und die Höhe der Krautschicht negativ, der Veränderungswert der Artmächtigkeit sowie der Deckungswert der Krautschicht dagegen positiv.

Der Jahresvergleich 2011-2013 liefert in der Summe der Entwicklung aller vier Parameter auf Grundlage von fünf Aufnahmen ein positives Ergebnis. Insgesamt sind drei Parameter (Veränderungswert, Deckung und Höhe der Krautschicht) in der Addition der Einzelereignisse positiv, lediglich die Artenanzahl entwickelte sich leicht negativ.

Ein Vergleich der Daten (sechs Aufnahmen) der beiden letzten Vegetationsperioden 2012 und 2013 zeigt schließlich eine negative Entwicklung lediglich der Artenanzahl. Der Deckungswert der Krautschicht entwickelte sich positiv. Der Veränderungswert der Artmächtigkeit sowie die Höhe der Krautschicht entwickelten sich dagegen insgesamt ausgeglichen. In der Summe zeigt die Vegetation in diesem Vergleich eine leicht positive Entwicklung.

Einen dritten Betrachtungsansatz der vorliegenden Daten stellt die Analyse der vier Parameter hinsichtlich ihrer tatsächlichen Werte mit den sich hieraus ergebenden Mittelwerten auf verschiedenen Ebenen dar. Diese Mittelwerte sind, analog zu der Tab. 61 gegliedert, in Tab. 63 dargestellt.

Betrachtet man alle Dauerbeobachtungsflächen zusammen, so ergibt sich für die Artenanzahl im Wiederaufnahmezeitraum 2011-2013 im Mittel ein Rückgang um 1,49 Arten je Dauerbeobachtungsfläche und Wiederaufnahme. Weiter beträgt der Änderungswert der Artmächtigkeit -1,8. Die Krautschicht nahm dagegen im Mittel aller Flächen um 1,15% zu. Gleichzeitig war deren Höhe um 1,55 cm geringer. Für die einzelnen Gesellschaften ergeben sich für die durchgeführten Wiederaufnahmen dabei nachfolgende Mittelwerte:

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

Tab. 63: Mittelwerte der einzelnen Parameter für die jeweiligen Einzeljahre sowie den Gesamtzeitraum des bisherigen Monitorings. Oberhalb der blauen Linie sind die einzelnen Gesellschaften dargestellt; unterhalb davon die Gesamtheit aller 38 Dauerbeobachtungsflächen. Für das *Geo montani-Nardetum strictae* und das *Alchemillo-Poetum supinae* sind keine gesonderten Gesamtwerte ausgewiesen, da für die Gesellschaft jeweils nur eine Dauerbeobachtungsfläche vorliegt.

	Artenanzahl			Änd. geg. vorang. Aufn.			Deckung Krautschicht (%)			Höhe Krautschicht (cm)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Ø SesCar	-9	-11	.	-14	-6	.	5	10	.	0	0	.
Ø gesamt		-10			-10			7,5			0	
Ø Carfir	-5,5	-0,5	-2,6	-14,5	0	-2,6	-5	2,5	7	-2,75	-4,69	-1,25
Ø gesamt		-1,87			-2,8			3			-3,7	
Ø GeoNard	.	-14	.	.	-15	.	.	-5	.	.	0	.
Ø AlchPoet	.	-7	4	.	-7	-3	.	-8	5	.	0	5
Ø Arabcaer	1	-0,45	.	-2,5	0,82	.	0	-1,27	.	-0,13	-0,95	.
Ø gesamt		-0,07			-0,07			-0,93			-0,73	
Ø Thlasprot	0	-1,14	.	-4	-0,14	.	-1	1,5	.	-5	-0,21	.
Ø gesamt		-1			-0,63			1,19			-0,81	
Ø Leomont	.	1,25	-2	.	4	-1,5	.	1,75	1	.	-2,63	1,25
Ø gesamt		0,17			0,83			1,5			-1,33	
Ø Einzelj.	-2	-1,33	-1,63	-7,13	-0,36	-2,38	-0,75	0,62	5,25	-1,38	-1,82	-0,63
Ø gesamt		-1,49			-1,8			1,15			-1,55	

Beim Komplex des *Seslerio-Caricetum* (lediglich zwei Flächen) nahm die Artenanzahl um 10 Arten ab, der Veränderungswert beträgt -10. Die Krautschicht nahm hingegen um 10% zu und ihre Höhe blieb unverändert.

Das *Caricetum firmae* (elf Flächen) zeigte auf wesentlich breiterer Datenbasis einen Rückgang der Artenanzahl um 1,87 Arten, der Veränderungswert beträgt -2,8. Die Krautschicht gewann 3% Flächenanteil bei einem Höhenverlust von 3,7 cm.

Das *Geo montani-Nardetum strictae* und das *Alchemillo-Poetum supinae* fanden bisher nur mit je einer Aufnahme Eingang in das bisherige Dauermonitoring. Aus diesem Grund wurde darauf verzichtet, auf Assoziationsebene Mittelwerte für die hier besprochenen vier Parameter zu bilden. Für das *Alchemillo-Poetum supinae* zeigen sich jedoch Abweichungen bezüglich der Summe der Ereignisse aus Tab. 61, da die 2012 und 2013 erfolgten Wiederaufnahmen der Fläche eine insgesamt negative Entwicklung der Artenanzahl und des Deckungswerts der Krautschicht (beide neutral in Tab. 61) ergeben.

Das *Arabidetum caeruleae* (12 Flächen) weist einen geringen Artenverlust von 0,07 Arten auf. Zudem ist der Veränderungswert im Mittel ebenfalls -0,07 negativ, was eine Abweichung zu Tab 61 darstellt, wo sich für diesen Parameter in der Summe eine leicht positive Entwicklung zeigt. Deckung und Höhe der Krautschicht entwickelten sich ebenfalls negativ (-0,93% bzw. -0,73 cm).

Das *Thlaspietum rotundifolii* (sieben Flächen) verlor 2011-2013 eine Art je Fläche und auch der Veränderungswert ist mit -0,63 negativ (Tab. 61: neutral). Die Krautschicht gewann 1,19% Flächenanteil und deren Höhe ging leicht zurück (-0,81 cm).

Bei der Betrachtung der mittleren tatsächlichen Werte zeigt das *Leontodontetum montani* (vier Flächen) anders als bei der Addition der Ereignisse eine vom *Thlaspietum rotundifolii*

Das Monitoring der Zugspitzplattvegetation

deutlich abweichende Dynamik. Die Artenanzahl nahm im Mittel um 0,17 Arten zu (Tab. 61: negativ) und der Änderungswert ist mit 0,83 (Tab. 61: neutral) positiv. Analog zu Tab. 61 und der Täschelkraut-Halde verhalten sich sowohl die positive Entwicklung des Deckungswerts der Krautschicht (1,5% Flächengewinn) als auch die negative Entwicklung der Höhe der Vegetationsschicht (-1,33 cm).

Bei Auswertung, Betrachtung und Interpretation der in dieser Arbeit vorgestellten bisherigen Ergebnisse des Dauermonitorings muss bedacht werden, dass die bisherige Datenbasis relativ gering ist. Zudem liegen für die drei Jahre des Wiederaufnahmezeitraums jeweils Aufnahmen in einem unterschiedlichen Umfang vor, so dass die in den Tabellen 61-63 aufgezeigten dynamischen Entwicklungen auf Grundlage einer teilweise unterschiedlichen Datenbasis berechnet wurden. Schließlich ist der Abstand der einzelnen Wiederaufnahmen zur Erstaufnahme aber auch zueinander nicht immer einheitlich, so dass sich auch hier gewisse Vergleichsschwierigkeiten ergeben.

Dennoch liefern die hier vorgelegten ersten Ergebnisse wichtige Informationen über grundlegende dynamische Prozesse der Vegetation des Untersuchungsgebiets. Es konnten dadurch wichtige Erkenntnisse über die Natur, aber auch die Wirkungsweise der wichtigsten Einflussgrößen gewonnen werden, die diese Dynamik wesentlich steuern. Hierauf wird im nachfolgenden Kapitel weiter eingegangen.

Auch die bisher identifizierten Schwächen und aufgetretenen Schwierigkeiten liefern schließlich im Hinblick auf das weitere Monitoring wichtige Erfahrungswerte, ohne die eine weitere qualitative Verbesserung der Dauerbeobachtung der Zugspitzplattvegetation nicht möglich sein wird (siehe Kapitel 8 ff.).

7. Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Auf Grundlage der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen aktuellen Vegetation des Zugspitzplatts sowie der Standortbedingungen, die von den entsprechenden Assoziationen bevorzugt werden sowie der dargestellten Ergebnisse des bisherigen Dauermonitorings 2010-2013 lassen sich fünf Faktoren bzw. Faktorengruppen definieren, die Verteilung und Dynamik der Plattvegetation wesentlich beeinflussen:

Standort, Klima, Pflanzenfresser, Mensch und Zeit

Die ersten vier Faktoren beeinflussen sich wiederum teilweise einseitig oder gegenseitig und können mitunter auch von der Vegetation entsprechend beeinflusst werden. Der klimatische Einfluss, der häufig zu den Standortbedingungen gerechnet wird, soll hierbei aufgrund seiner Bedeutung für die stark vertikal ausgebildete Hochgebirgsvegetation als gesonderter Faktor betrachtet werden. In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Faktoren und ihre Wirkungsweise zunächst einzeln und für das Gesamtuntersuchungsgebiet beschrieben, ehe abschließend nochmals detailliert auf die drei Zonen des Zugspitzplatts und der dort herrschenden unterschiedlichen Dynamik als Ergebnis einer jeweils spezifischen Kombination dieser Faktoren eingegangen wird.

7.1 Die Vegetationsdynamik beeinflussende Faktoren

7.1.1 Der Faktor Standort

Der Standort einer Einzelpflanze bzw. einer Pflanzengesellschaft ist die Summe aller abiotischen aber auch biotischen Gegebenheiten und Prozesse an deren Wuchsort (PFADENHAUER 1997). Die Vegetation des Standortes wird dadurch in ihrem Entstehen aber auch Bestehen positiv, mitunter aber auch negativ beeinflusst. Letztendlich setzen sich aus dem verfügbaren Artenpool die Arten bzw. die Artengemeinschaft durch, die unter den gegebenen Standortbedingungen gegenüber anderen Arten oder Artengemeinschaften die größte Konkurrenzkraft besitzen.

Der primäre Standortfaktor ist der Untergrund, auf dem das Pflanzenwachstum stattfindet. Dieser Untergrund wird im Untersuchungsgebiet flächendeckend von nur einem Ausgangsgestein und seinen verschiedenen Faziestypen gebildet. Dies ist der Wettersteinkalk (siehe Kapitel 4.2). Eine erste Diversifikation erfährt der Standort nun, dass dieser Wettersteinkalk am Wuchsort als unverwittertes Festgestein, als durch die Verkarstung geprägter Komplex aus Karren, als Frostschutt oder Sturzmasse unterschiedlicher Korngröße, als Moränenablagerung oder als Feinmaterialeinschwemmung im Bereich von Geländesenken vorkommt. Hieraus lässt sich die Bodenart des Standortes ableiten.

Damit verbunden, aber auch weiter differenzierend auf den Standort wirkt sich das Relief aus. Je nachdem, ob der Standort eben, in unterschiedlichem Maß geneigt oder in einer

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Senke befindlich ist, hat dies Auswirkungen auf die Mobilität besonders des lockeren Ausgangssubstrats. Auch das Relief umgebende Flächen können einen starken Einfluss auf einen Standort haben. So sorgen z.B. oberhalb gelegene Felswände bzw. Steinschlagrinnen für eine kontinuierliche Schuttfuhr auf unterhalb gelegene Flächen.

Sowohl durch das Ausgangsgestein als auch durch das Relief wird nun wiederum das pflanzenverfügbare Wasserangebot eines Standortes beeinflusst. In dem edaphischen Trockengebiet des Zugspitzplatts kommt es so zur Ausbildung relativ feuchter Standorte im Bereich von durch einen hohen Anteil an Feinboden dominierter Senken.

In Wechselwirkung wiederum mit der Vegetation und beeinflusst durch das an dem Standort herrschende Klima (siehe nachfolgendes Kapitel) kann sich nun die weitergehende Entwicklung des Ausgangssubstrats hin zu spezifischen Bodentypen vollziehen. Diese Bodenbildung wird auf dem Zugspitzplatt nicht nur durch autochthone, sondern teilweise auch durch allochthone Faktoren beeinflusst und geprägt (siehe Kapitel 4.5).

7.1.2 Der Faktor Klima

Weiter stark diversifizierend wirkt sich auf den jeweiligen Standort der Vegetation das an diesem Standort herrschende Klima aus. Prägend hierfür ist zunächst das in Kapitel 4.4 eingehend beschriebene allgemeine Klima des Untersuchungsgebiets. Aufgrund der starken vertikalen Komponente welche die Fläche des Zugspitzplatts mit einem Höhenunterschied von 700 m prägt, kommt es somit zu einer großen höhenklimatischen Zonierung der Standorte und zur Ausprägung einer subalpinen, einer alpinen sowie einer subnivalen Höhenstufe (siehe Kapitel 5). Diese Höhenzonierung geht mit einer allgemeinen Abnahme der mittleren Jahrestemperatur und einer Zunahme der winterlichen Schneedeckendauer einher. Beides wirkt sich direkt auf die an einem Standort jeweils herrschende mittlere Dauer der Vegetationsperiode aus (HUEBLER et al. 2006). Hinzu kommen der mit der Höhe im Untersuchungsgebiet zunehmende Niederschlag sowie als Stressfaktoren für die Vegetation eine allgemeine Zunahme der auf die Vegetation einwirkenden UV-Strahlung und regelmäßige Frostereignisse auch während der Vegetationsperiode (CRAWFORD 2008).

Aufgrund des Reliefs und der daraus resultierenden unterschiedlichen Expositionen der Standorte, aber auch deren Lage in Geländesenken bzw. auf Geländekuppen kommt neben dem allgemein herrschenden Großklima dem in diesem sehr heterogenen Raum differenzierten Standortklima eine wichtige Rolle bei der Ausbildung unterschiedlicher Pflanzenstandorte zu. Diese Differenzierung wird an Flächen mit unterschiedlicher Exposition augenscheinlich, die eine sehr unterschiedliche Anzahl an Sonnenstunden während eines Jahres erhalten. Dies hat direkte Auswirkungen auf die Schneebedeckung und somit auch auf die Vegetationsperiode. Kuppen und benachbarte Senken können abseits dieser unterschiedlichen Jahressummen der Sonnenscheindauer auch durch den Wind ein sehr unterschiedliches Standortklima entwickeln. Während der winterlichen Periode mit längerfristiger Ausbildung einer Schneedecke wird dieser Schnee besonders im Bereich der Kuppen weggeblasen, so dass diese auch im Winter ausapern können (Abb. 52) und die

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Vegetation dieser Standorte damit extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. In Senken kann sich dagegen durch die Windverfrachtung zusätzlicher Schnee akkumulieren. Dies wirkt sich wiederum im Frühjahr negativ auf die Vegetationsperiode mit einem verspäteten Ausapern dieser Senken aus.



Abb. 52: Das südliche Zugspitzplatt im März 2013. Gut zu erkennen sind die teilweise aperen Kuppen des Schichtkopfkarakts. Im Hintergrund das südliche Bergsturzgelände. (Aufnahme: Philipp Stojakowits 2013).

7.1.2.1 Auswertung bisher erhobener Daten zum Geländeklima

Um einen weitergehenden Einblick in dieses offensichtlich sehr standortbezogene Geländeklima zu gewinnen, wurden im Zeitraum 2011-2013 an verschiedenen Punkten des Untersuchungsgebiets Daten zur Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit an drei, jeweils benachbarten Standortpaaren erhoben (siehe Kapitel 3.4.2). Für zwei dieser Standortpaare liegen bisher aussagekräftige Datensätze vor, die nachfolgend vorgestellt und erörtert werden, um den differenzierenden Einfluss standortklimatischer Parameter zu verdeutlichen.

Das erste Standortpaar wurde Ende Juni 2011 auf dem unteren Zugspitzplatt nördlich und südlich des Brunntales installiert. Die Installation erfolgte auf Grundlage der Überlegung, dass das Untersuchungsgebiet nördlich des Brunntals verstärkt von einem Kaltluftabfluss ausgehend vom Nördlichen Schneeferner über das Weiße Tal beeinflusst wird, und dieser Einfluss auf dem südlichen Zugspitzplatt hingegen nicht gegeben ist. Es fand eine Installation auf Stangen statt, die allerdings dem winterlichen Schneedruck nicht standhielten, so dass die Daten teilweise in unterschiedlicher Höhe über dem Boden gemessen wurden. Da der Datalogger-Standort zudem so gewählt werden musste, dass kein Verlust der Geräte durch Lawinen zu befürchten war, gleichzeitig aber auch eine Gefährdung von Variantenfahrern durch die Stangen vermieden werden sollte, konnte keine Installation in exakt gleicher Höhenlage erfolgen. Der Datalogger 1 (BrTI_N) steht somit auf dem nördlichen Zugspitzplatt in etwa 2125 m Höhe, der Datalogger 2 (BrTI_S) auf dem südlichen Zugspitzplatt lediglich auf etwa 2050 m. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte in 45-Minuten-Intervallen.

Die Abb. 53-54 zeigen die von diesen Loggern aufgezeichneten Daten zunächst für den Zeitraum 01.09.2011-31.08.12. Nachfolgend sind in den Abb. 55-56 die Daten für den Monat

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Juni des Jahres 2012 gesondert dargestellt, damit hierbei eine detailliertere Darstellung der jeweiligen Standortcharakteristik möglich wird.

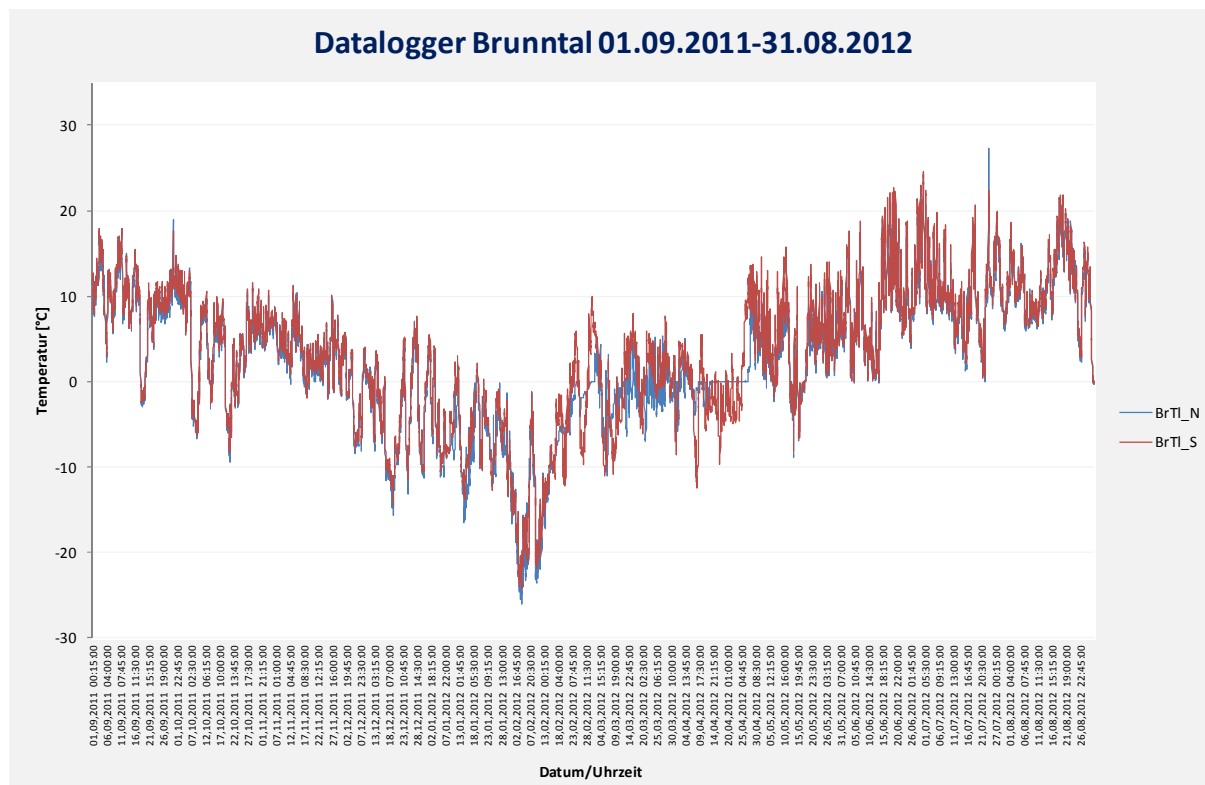


Abb. 53: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 (BrTL_N) und 2 (BrTL_S) für den Zeitraum 01.09.2011-31.08.2012.

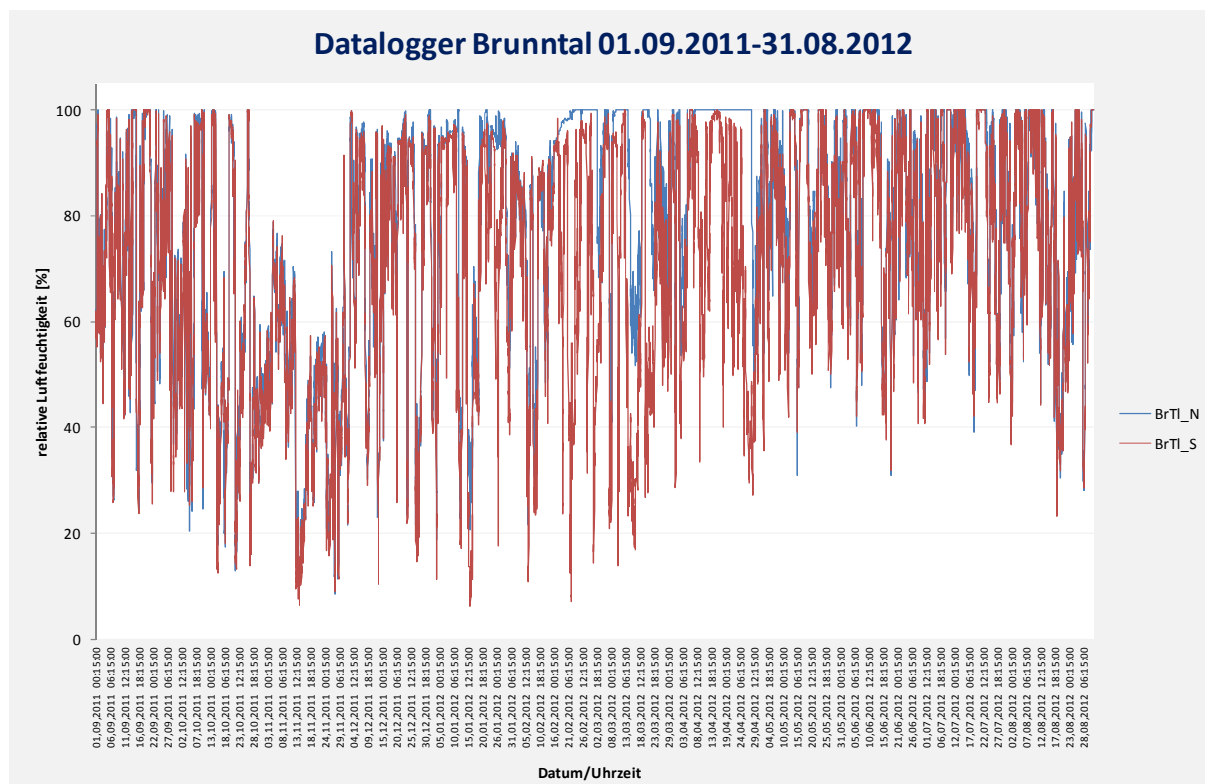


Abb. 54: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 01.09.2011-31.08.2012.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

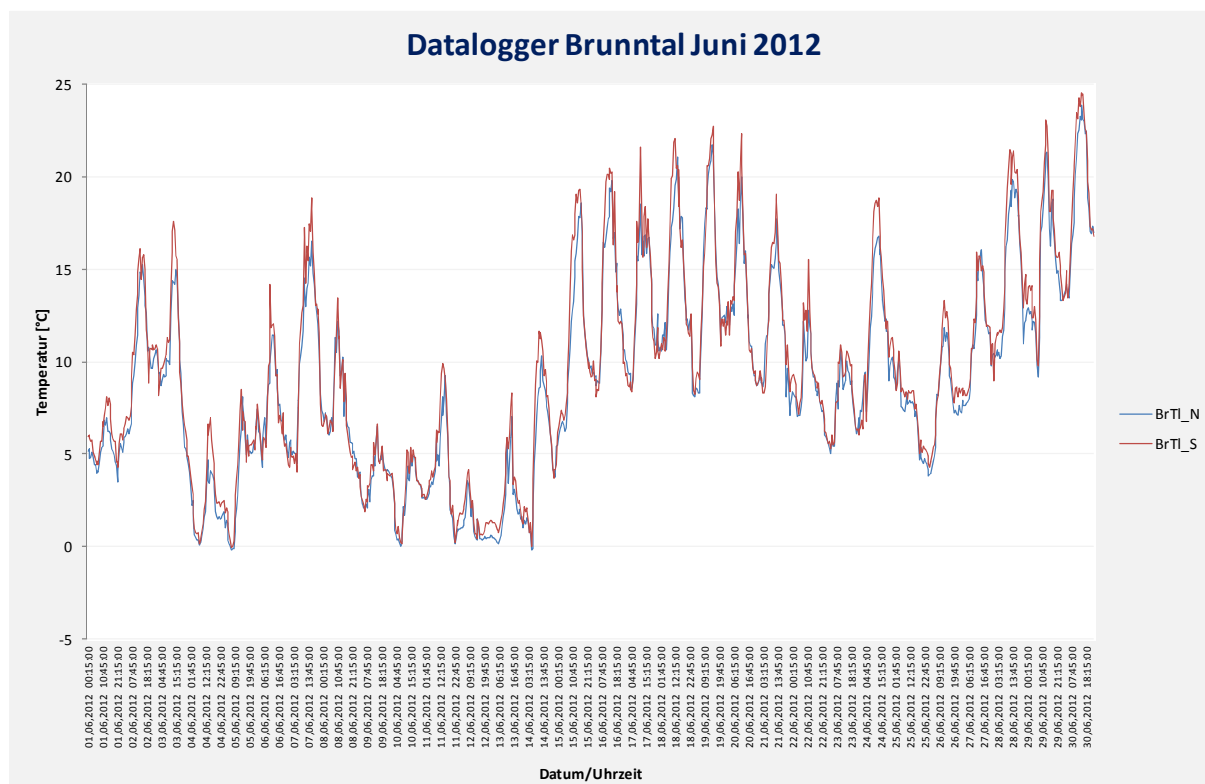


Abb. 55: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 und 2 für den Zeitraum Juni 2012.

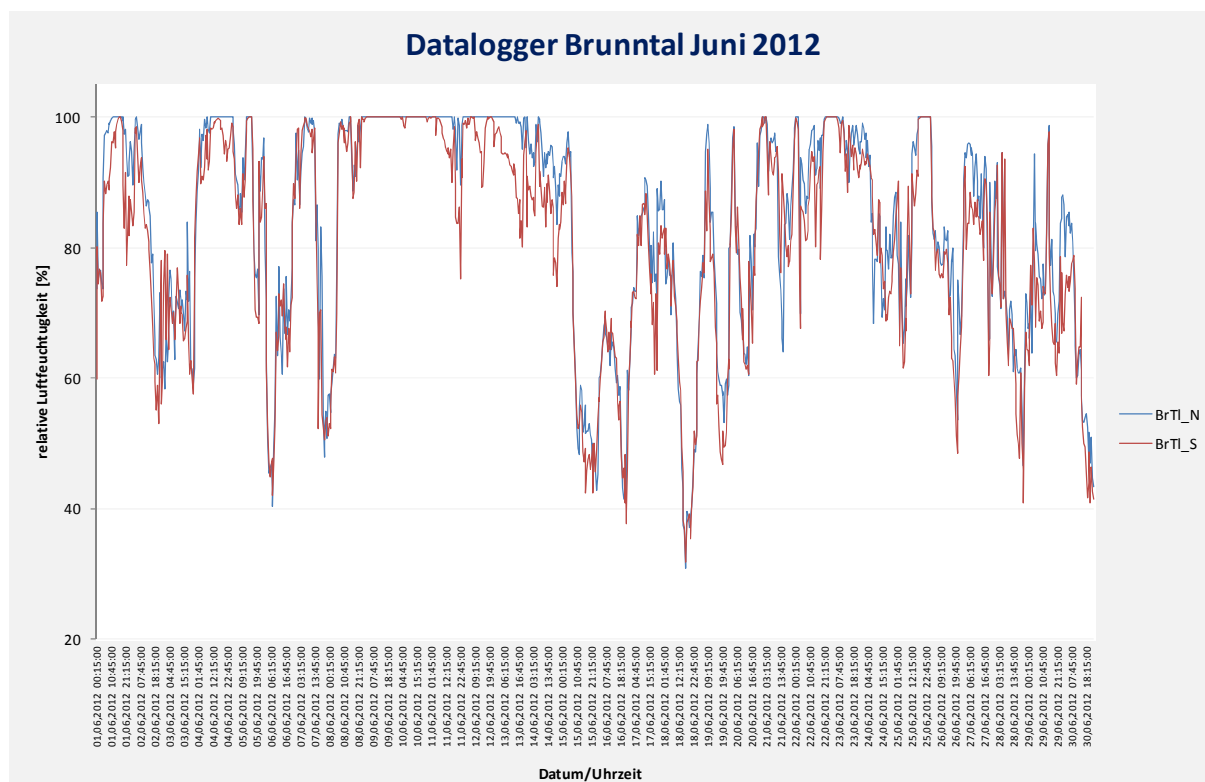


Abb. 56: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum Juni 2012.

Für die Lufttemperatur ergeben sich dabei für die Abb. 53 und 54 Durchschnittstemperaturen von 2,48 °C bzw. 8,96 °C für den höher gelegenen Logger 1 und 3,12 °C bzw. 9,54 °C für den Logger 2. Daraus resultiert eine Temperaturdifferenz von 0,64 °C für den

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Jahreszeitraum 01.09.2011-31.08.2012 bzw. 0,58 °C für den Monat Juni 2012. Zieht man nun ausgehend von einer mittleren Abnahme der Temperatur um 0,5 °C je 100 m (BURGA 2004) 0,38 °C für die entsprechende Höhendifferenz von 75 m zwischen beiden Loggern ab, bliebe für den Jahreszeitraum eine Temperaturdifferenz von 0,26 °C bzw. für den Monat Juni von 0,20 °C. Für die relative Luftfeuchtigkeit betragen die entsprechenden Werte 77,59% bzw. 83,67% für den Logger 1 und 70,95% bzw. 81,07% für den Logger 2. Zu diesen Werten ist anzumerken, dass der Logger 1 im Frühjahr 2012 etwa einen Monat lang (April), vermutlich aufgrund des Nachgebens der Halterungsstange unter Schneebedeckung geriet. Da zu dieser Zeit die Daten von Logger 2 fast durchgehend niedrigere Temperaturen maßen als der Logger 1, der die relativ konstante Temperatur der Schneedecke knapp unter dem Gefrierpunkt aufzeichnete und unter diesen Umständen auch eine relative Luftfeuchtigkeit von 100%, müssen die entsprechenden Jahresdifferenzen für die Lufttemperatur als größer und für die relative Luftfeuchtigkeit als niedriger angenommen werden.

Insgesamt ist der Standort des Dataloggers 1 kälter und die relative Luftfeuchtigkeit höher, was der allgemeinen Charakteristik des alpinen Klimas entspricht. Zudem scheint sich zusätzlich zur höhenbedingten Abnahme der Temperatur die Annahme zu bekräftigen, dass das nördliche Zugspitzplatt aufgrund eines Kaltluftabflusses über das Weiße Tal klimatisch gegenüber dem südlichen Untersuchungsgebiet benachteiligt ist. Dies entspricht auch der bereits in Kapitel 5 beschriebenen Verteilung der Vegetations-Höhenstufen im Untersuchungsgebiet, bei der das südliche Zugspitzplatt ebenfalls begünstigt scheint. Für eine diesbezüglich endgültige Aussage sind jedoch weitergehende Messungen unumgänglich, da die hier angenommene pauschale Abnahme der Lufttemperatur um 0,5 °C je 100 m besonders im Hochgebirge sehr starken Abweichungen unterworfen ist (BURGA 2004; GRABHERR 2009).

Auf dem offensichtlich klimatisch begünstigten südwestlichen Zugspitzplatt wurde am 23.08.2012 das zweite Paar Datalogger installiert. Diese lieferten in halbstündigem Intervall Messdaten bis zum 30.07.2013. Die beiden Datalogger wurden in etwa 120 m Entfernung zueinander jeweils direkt auf dem Boden aufgestellt. Die Frage, der dabei nachgegangen werden sollte, war, ob ein messbarer standortklimatischer Unterschied zwischen dem Standort des ersten Loggers (PISp_ob) auf einer Geländekante in 2431 m zum Standort des zweiten Loggers (PISp_un) in einer unterhalb der Plattspitzen gelegenen Geländemulde in 2404 m besteht. Beide Standorte unterscheiden sich auch sehr stark durch die auf ihnen vorgefundene Vegetation. So wird der höher gelegene Standort von einem Caricetum firmae, einem der höchstgelegenen des Untersuchungsgebiets besiedelt, wohingegen in der Geländemulde ein gut ausgebildetes Arabidetum caeruleae anzutreffen ist.

Analog zum ersten Logger-Paar sind in den Abb. 57-58 zunächst die Messergebnisse der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit für den gesamten bisherigen Messzeitraum aufgezeichnet, ehe in den Abb. 59-60 der Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012 nochmals speziell dargestellt ist.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

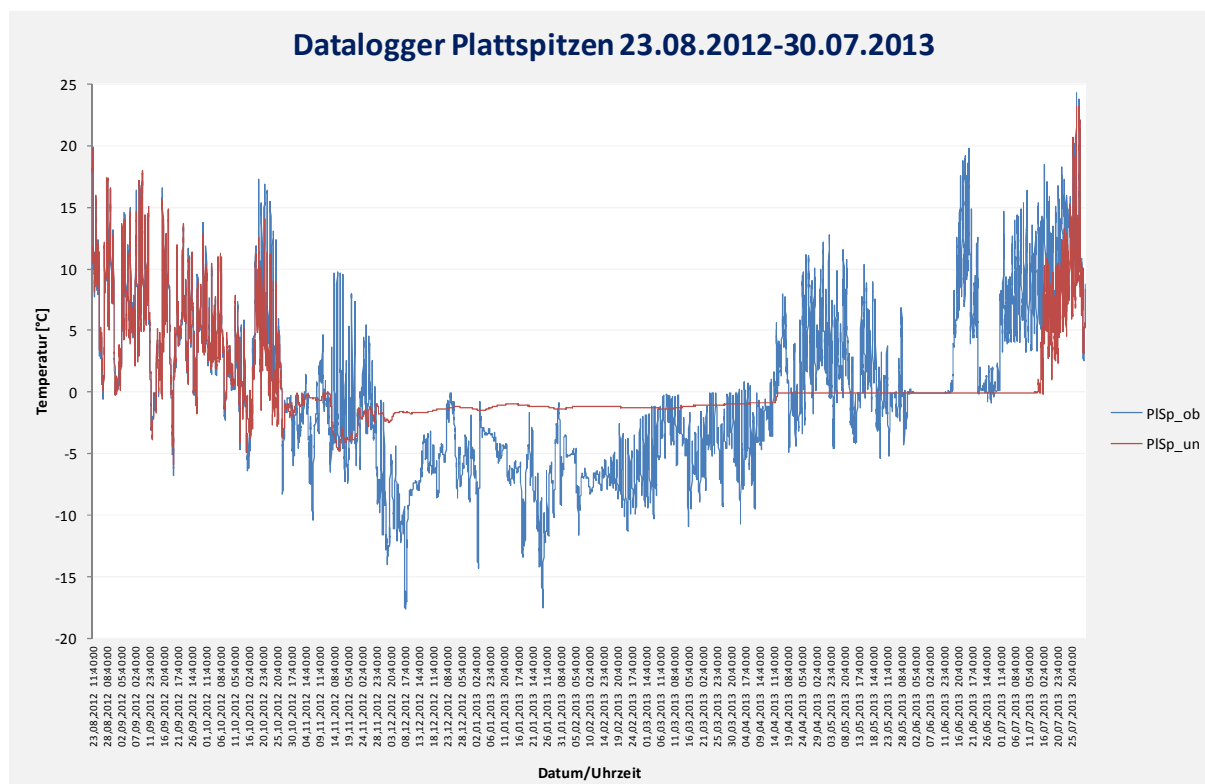


Abb. 57: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 (PISp_ob) und 2 (PISp_un) für den Zeitraum 23.08.2011-30.07.2013.

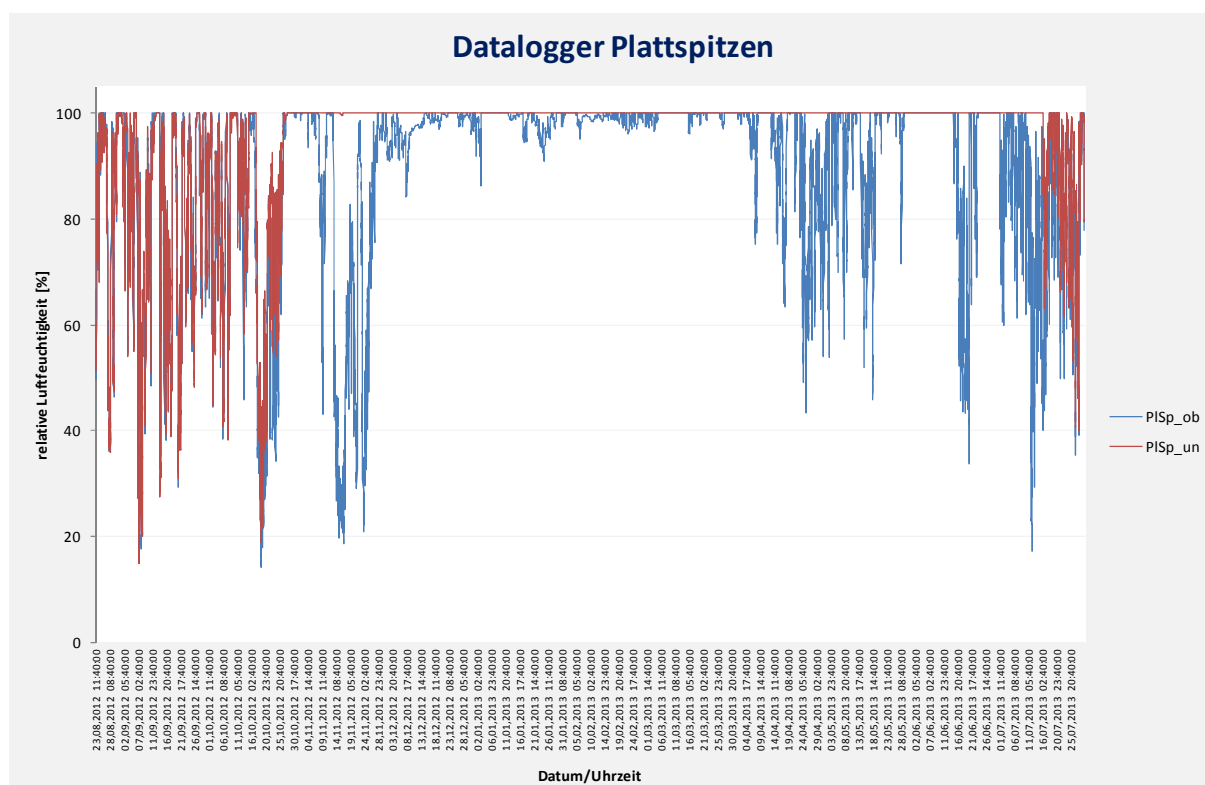


Abb. 58: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 23.08.2012-30.07.2013.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

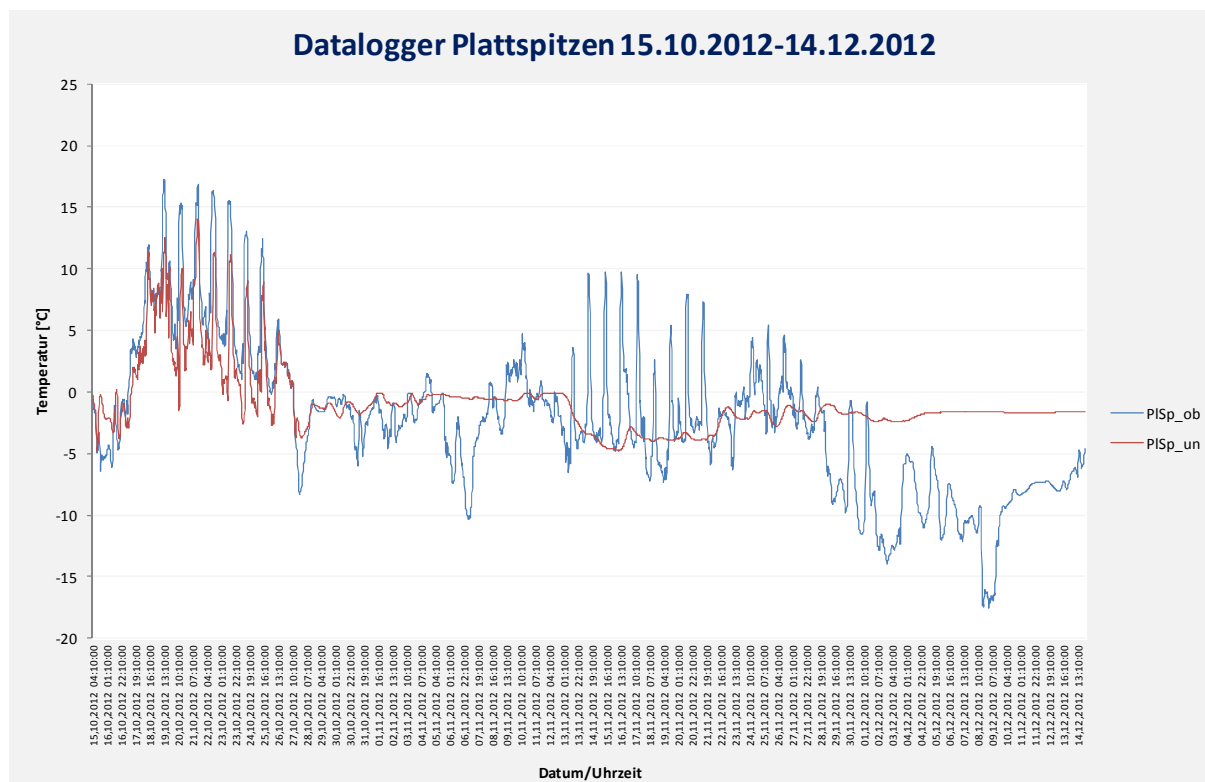


Abb. 59: Daten zur Lufttemperatur der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012.

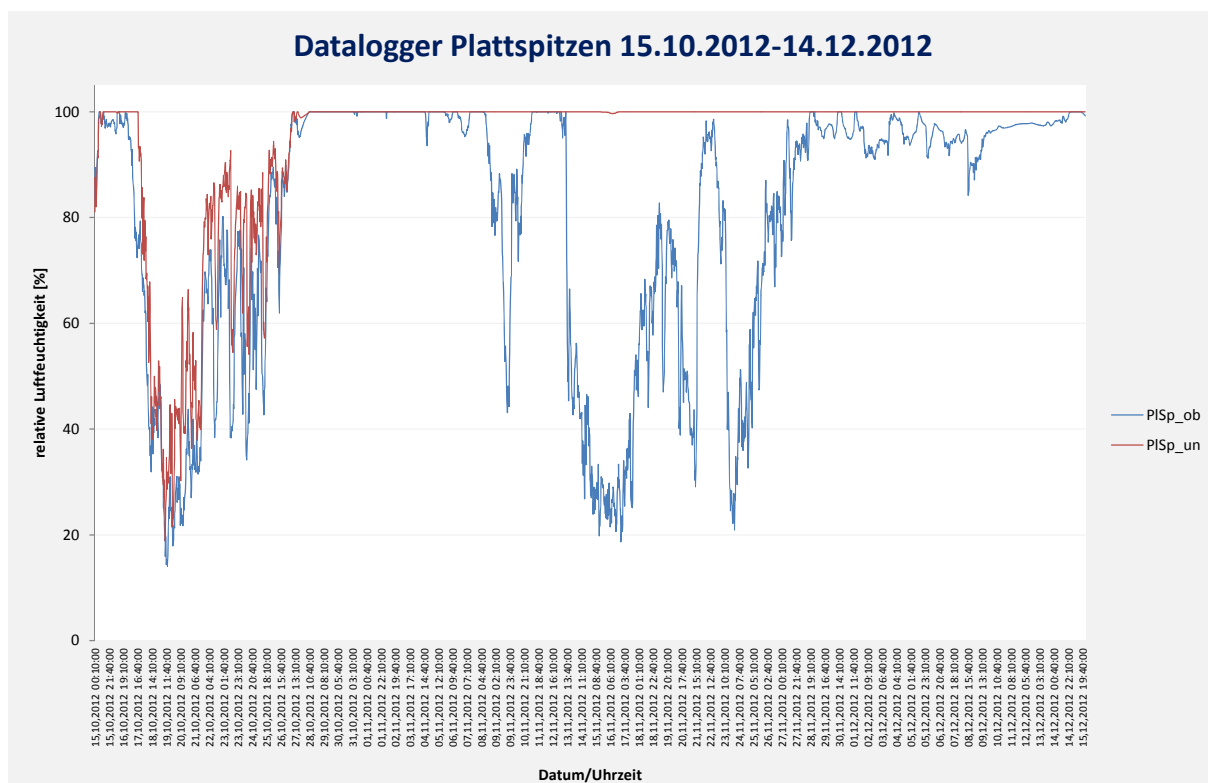


Abb. 60: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit der Logger 1 und 2 für den Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012.

Für den gesamten Mess-Zeitraum ergibt sich für den oberen ersten Datalogger eine Durchschnittstemperatur von $-0,21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Messungen in der Mulde ergeben eine Durchschnittstemperatur von $0,61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Daraus errechnet sich für beide Logger eine Differenz von $0,82\text{ }^{\circ}\text{C}$. Für den Zeitraum 15.10.2012-14.12.2012 ergibt sich für den oberen Logger eine

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

durchschnittliche Temperatur von $-2,34\text{ }^{\circ}\text{C}$, für den unteren von $-0,89\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die sich hieraus ergebende Differenz beträgt $1,45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug für den Gesamtzeitraum durchschnittlich 89,67% für den oberen Logger und für den unteren Logger 95,47%. Für den Zweimonats-Zeitraum betragen diese Werte 80,26% bzw. 94,76%.

Anders als bei den oben besprochenen Daten der Logger nördlich sowie südlich des Brunnals war es aufgrund der Positionierung der Datensammler auf dem Boden Intension, dass diese während der Perioden mit Schneebedeckung eingeschneit werden und somit Daten innerhalb der Schneedecke aufzeichnen. Die bisher vorliegenden Aufzeichnungen scheinen nun die aufgrund der vorgefundenen Vegetation angenommene Vermutung zu bestätigen, dass diese beiden Standorte trotz ihrer räumlichen Nähe ein sehr unterschiedliches Standortklima aufweisen.

Ausgehend von Sommer bis Mitte Oktober wiesen beide Messreihen relativ ähnliche Werte auf, bis ab diesem Zeitpunkt der obere Standort plötzlich vermehrt höhere Tagesmaxima und der untere Standort tiefere Tagesminima der Temperatur verzeichnete. Vermutlich steht die Sonne ab diesem Zeitpunkt nicht mehr so hoch, dass sie in die Geländemulde scheint, so dass sich dort nun verstärkt Kaltluft ansammeln und auch besser halten kann. Ein Temperaturvergleich nur des Zeitraums 15.10.2012-14.11.2012 ergibt hier für den unteren Datalogger 2 mit durchschnittlich $0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ einen niedrigeren Durchschnittswert als für den oberen Datalogger 1 ($0,71\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ende Oktober 2012 wurden nun die Ausschläge der unteren Messstation wesentlich geringer und bewegten sich bis Anfang Dezember bei Werten knapp unter dem Gefrierpunkt bis knapp $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Danach pendelten sie sich sehr konstant bei Werten zwischen $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ein. Diese stiegen im April 2013 auf knapp unter dem Gefrierpunkt und erst Mitte Juli verzeichnete der Logger 2 wieder Ausschläge, die in etwa denjenigen des oberen Loggers 1 entsprechen. Die Messungen der relativen Luftfeuchte zeigten ab Ende Oktober 2012 bis Mitte Juli 2013 ein identisches Nicht-Auftreten markanter Ausschläge und ein Verharren bei nahezu konstant 100%. Für den oberen Datalogger 1 ließ sich ein ähnliches Verharren beider Mess-Parameter nur für den Zeitraum Anfang Juni 2013 beobachten.

Somit lässt sich für beide Standorte eine sehr unterschiedliche Entwicklung und Dauer der jährlichen Schneebedeckung feststellen. Der untere Standort geriet erstmals Ende Oktober dauerhaft unter eine noch relativ dünne Schneebedeckung, worauf die noch relativ großen Schwankungen der Temperatur zwischen nahe $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ schließen lassen. Erst im Dezember erreichte diese Schneedecke eine so große Mächtigkeit, dass die Temperatur nun keine wesentlichen Schwankungen mehr zeigte und knapp unter dem Gefrierpunkt lag, was den typischen Temperaturen einer Schneedecke unterhalb einer kälteren, dünnen oberflächennahen Schicht entspricht (SINGH & SINGH 2001). Dieser beschriebene Aufbau der Schneedecke Ende 2012 deckt sich weitgehend mit den in Kapitel 4.4 vorgestellten entsprechenden Daten des DWD.

Während des Zeitraumes unter der Schneedecke war die Geländemulde vollkommen gegenüber den tiefen Temperaturen des Winters geschützt, die in den negativen Ausschlägen des oberen Loggers deutlich festzustellen sind. Eine klimatische Benachteiligung

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

erfuhr der Standort dagegen sowohl im Vorfeld des winterlichen Einschneiens als auch im späteren Frühjahr bis Mitte Juli, so dass trotz der winterlichen Begünstigung die Vegetationsperiode des unteren Standortes sehr verkürzt erscheint.

Am oberen Standort schien sich hingegen aufgrund der exponierten Lage während des Winters nur eine geringmächtige Schneedecke zu halten und es ist nicht auszuschließen, dass diese während der Kälteperiode auch zeitweilig ausaperte. Eine etwas längere Schneebedeckung trat lediglich Anfang Juni 2013 auf. Hierbei handelte es sich im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis dieses Monats vermutlich um schweren Nassschnee, der nicht durch den Wind ausgeräumt werden konnte.



Abb. 61: Initialer Polsterseggen-Rasen auf einer Geländekuppe des südwestlichen Untersuchungsgebiets. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).

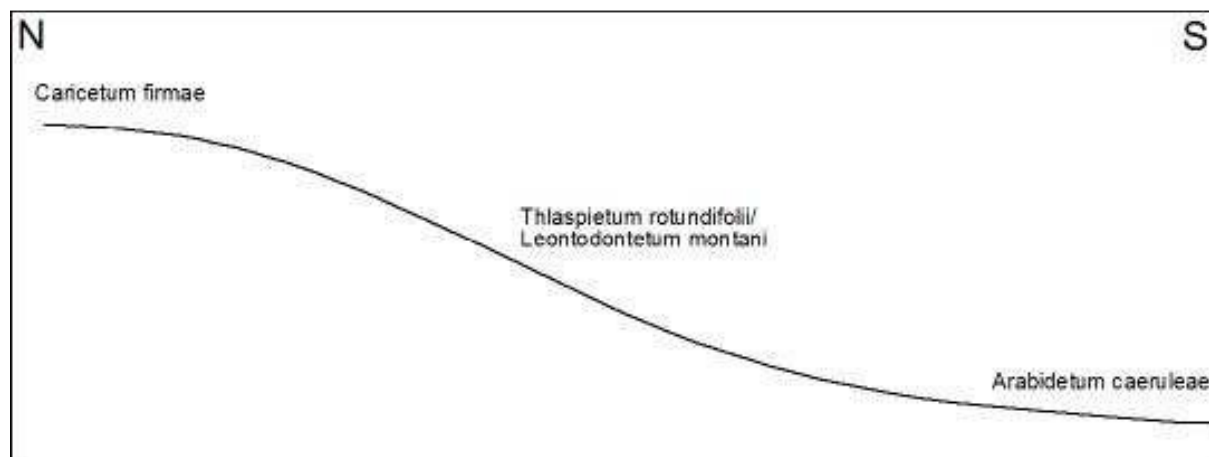


Abb. 62: Typische Vegetationsverteilung der Geländekuppen und -mulden auf dem südwestlichen Zugspitzplatt. Aufgrund von Strahlungsbegünstigung sowie der Ansammlung von Kaltluft in den Geländemulden kommt es in diesem Bereich oft zu einer Inversion der Vegetation. Während sich auf den Kuppen noch initiale Polsterseggen-Rasen zu halten vermögen, bestimmen Schuttgesellschaften die Hänge sowie Schneetälchen-Vegetation die Mulden.

Aufgrund der am oberen Standort auftretenden tieferen Temperaturen im Winter, resultiert daraus ein standörtlicher Nachteil besonders für Pflanzen, die empfindlich gegenüber tiefen

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Frost bzw. Frostdrocknis sind. Der Polsterseggenrasen des Standortes zeigt jedoch, dass dieser Nachteil durch die wesentlich längere Vegetationsperiode, bedingt durch ein früheres Ausapern und eine längere Sonneneinstrahlung im Herbst, mehr als nur ausgeglichen wird (Abb. 61-62).

Abschließend bleibt anzumerken, dass auch diese Messungen bisher nur einen relativ kurzen Zeitraum abdecken und eine längere, über mehrere Jahre fortgeführte Messreihe die hier vorgestellten Ergebnisse und Beschreibungen des Standortklimas weiter konkretisieren kann.

7.1.3 Der Faktor Pflanzenfresser

Aus den vielfältigen Standorten des Zugspitzplatts und dem diese weiter diversifizierenden Geländeklima resultiert die sehr heterogene Vegetation des Untersuchungsgebiets mit den verschiedenen dort vorgefundenen Assoziationen, die sich, wie in Kapitel 5 dargelegt, weiter in Subassoziationen bzw. Standortvarianten aufgliedern lassen. Ein Teil dieser Pflanzengesellschaften erfährt dadurch eine Überprägung und Beeinflussung durch Pflanzenfresser, die selektiv in den Artbestand eingreifen, sowohl durch Fraß als auch durch Tritt. Zudem greifen die Tiere in den Nährstoffhaushalt der Flächen ein, indem sie mit ihrem Futter den Flächen einerseits Nährstoffe entziehen, andererseits durch ihre Ausscheidungen aktiv Nährstoffe einbringen und somit das Nährstoffgefüge dieser Standorte nachhaltig beeinflussen. Dieser Einflussfaktor kann im Extremfall dazu führen, dass manche Arten oder sogar Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebiets ihre Existenz letztendlich der Anwesenheit dieser Pflanzenfresser verdanken. Hier sind der Borstgras-Rasen und die Faxrasen (*Alchemillo-Poetum supinae*) im Bereich der Lägerstellen zu nennen (siehe Kapitel 5.3.2.1.1.1 ff.). Andere Pflanzengesellschaften wie die subalpinen Latschengebüsche können dagegen in ihrer Entwicklung gehemmt oder sogar zurückgedrängt werden.

Die herbivoren Wirbeltiere des Zugspitzplatts lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Die erste Gruppe bilden dabei die pflanzenfressenden Wildtiere des Gebiets. Auf Grundlage eigener Beobachtungen konnten dabei für das Untersuchungsgebiet Gämsen (*Rupicapra rupicapra*), das Alpenschneehuhn (*Lagopus muta*), kleine Nager und diverse kleine samenfressende Vogelarten nachgewiesen werden (Abb. 63). Allerdings scheinen deren Populationen im Untersuchungsgebiet relativ gering zu sein und dabei auch auf die eher selten durch den Menschen aufgesuchten Bereiche beschränkt. Der Einfluss dieser Arten auf die Pflanzendecke ist somit als gering einzuschätzen und reicht wahrscheinlich nicht aus, um Veränderungen auf Assoziationsebene zu bewirken. Denkbar erscheint aber eine Funktion auch der Wildtiere als entsprechender Vektor für die Ausbreitung von Pflanzensamen.

Die zweite Gruppe, mit dem offensichtlich ungleich größeren Einfluss auf die Flora und Vegetation des Zugspitzplatts bilden die durch den Menschen aktiv während der Sommermonate eingebrachten Weidetiere. Einziger Vertreter dieser Gruppe ist das Werdenfelser Bergschaf, das mit aktuell 350-400 Exemplaren jeden Sommer vertreten ist. In der Vergangenheit war diese Zahl sogar noch größer und umfasste maximal 600 Tiere

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

(mündl. Mitt. durch Herrn Mathias Grasegger von der Weidegenossenschaft Partenkirchen 2011).



Abb. 63: Gämsen und Alpensneehühner als Vertreter der Wildtierfauna des Zugspitzplatts.
(Aufnahmen: Oliver Korch 2009 & 2010).

Aufgrund dieser Zahlen und auf Grundlage der vorliegenden Beobachtungen sowie der Resultate der Vegetationskartierung und des bisherigen Dauermonitorings sind diese Schafe ein wesentlicher Gestalter der aktuellen Plattvegetation. Hierbei konzentrieren sich die Tiere zwar im Wesentlichen auf die subalpine und alpine Zone des Untersuchungsgebiets, es konnten aber wiederholt auch kurzfristig kleinere Gruppen weidender Tiere bis weit in den subnivalen Bereich beobachtet werden (Abb. 64). Ebenso wie die Wildtiere dürften auch die Schafe über ihr Fell, aber auch über an den Hufen anhaftende Erde aktiv zur Verbreitung von Pflanzensamen beitragen.



Abb. 64: Weidende Schafe auf einem subnivalen Leontodontetum montani im Bereich des mittleren Weißen Tals. (Aufnahme: Oliver Korch 2011).

7.1.4 Der Faktor Mensch

Nachdem der Mensch über die weidenden Schafe indirekt die Dynamik der Plattvegetation beeinflusst (anthropo-zoogene Beeinflussung), wirkt sich die massive Anwesenheit des Menschen auf dem Zugspitzplatt (siehe Kapitel 4.7) auch unmittelbar auf die Flora und die Vegetation aus. Dies manifestiert sich einerseits in der Schaffung von aufgrund anthropogener Störungen weitgehend vegetationsloser Flächen (siehe Kapitel 5.6). Zusätzlich werden durch den Einfluss des Menschen im Bereich des Skigebiets wichtige standörtliche Parameter wie etwa die Schneedeckendauer künstlich beeinflusst, was zu einer anthropogen-bedingten Verschiebung der dort vorgefundenen Vegetation bzw. Veränderung der Assoziationen dieser Standorte führen kann (siehe Kapitel 5.5.1.1.1.2). Weiter ist besonders im Bereich der Wanderwege häufig eine Schädigung der Vegetation durch Trittschäden der Wanderer zu beobachten. Schließlich dürfte es besonders in der Umgebung der Wanderwege auch zu einem Nährstoffeintrag durch die Wanderer kommen. Schließlich spielt auch der durch den Menschen hinterlassene Müll in einem gewissen Umfang eine Rolle bei der Veränderung von Standorten. Beobachtungen zufolge scheint dieser Faktor in der Vergangenheit eine größere Rolle gespielt zu haben, wie zahlreiche Funde hauptsächlich älterer Bierdosen, Flaschen, Konservendosen etc. zeigen. Ein in jüngerer Vergangenheit gesteigertes Umweltbewusstsein scheint die Problematik des Mülls auf dem Zugspitzplatt dagegen weitgehend auf den Pistenbereich des Skigebiets zu beschränken, wo dieser Abfall überwiegend unbeabsichtigt durch Verlust aus Taschen infolge von Stürzen eingebracht wird.

Als ein Ergebnis der flächendeckenden Beobachtungen und Erfassung sowohl der anthropogenen als auch der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen, letztendlich direkt durch den Menschen ausgelösten anthropo-zoogenen Störung wurde schließlich eine Karte

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

des Untersuchungsgebiets erstellt, die dieses in drei Zonen unterschiedlicher Hemerobie nach BLUME & SUKOPP (1976) einteilt (Abb. 65).

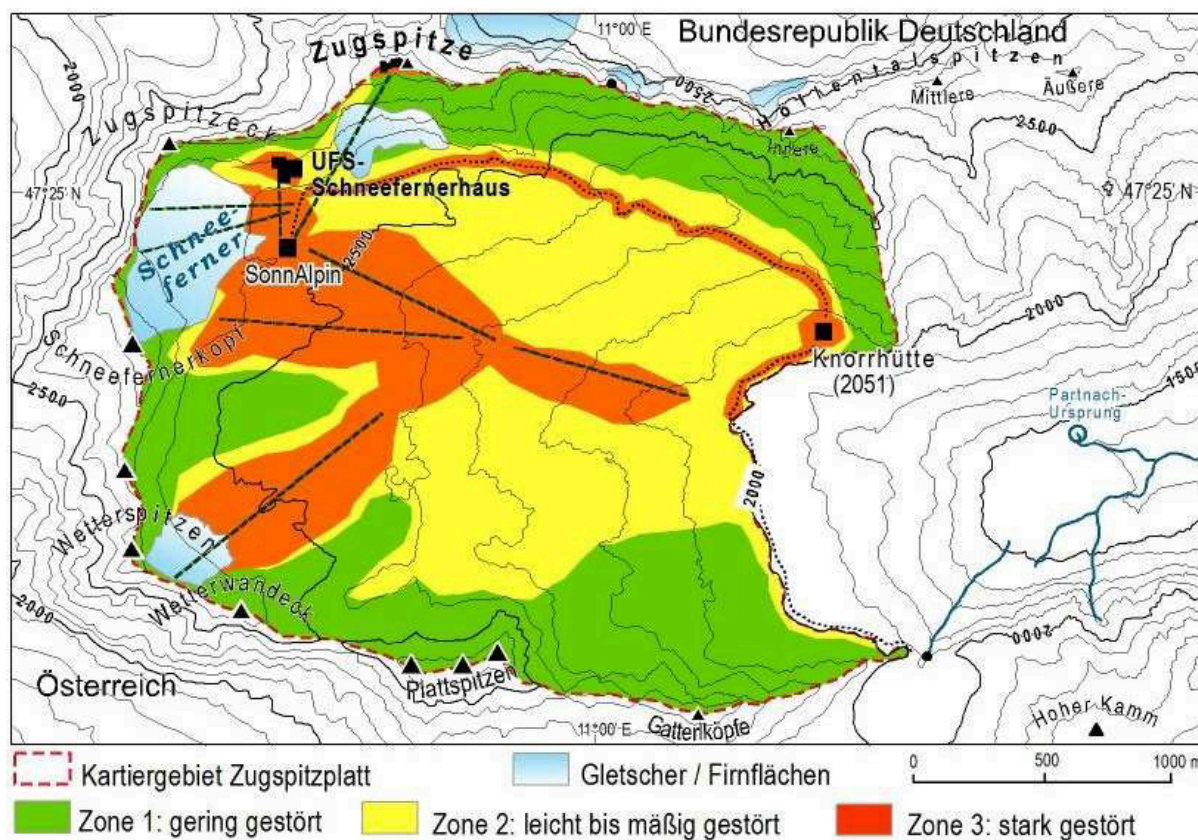


Abb. 65: Zonen unterschiedlicher Hemerobie auf dem Zugspitzplatt. Zone 1: Dominanz der natürlichen Dynamik, mit sehr geringem anthropogenem bzw. anthropo-zoogenem Einfluss (oligohemerob). Zone 2: Flächen mit überwiegend natürlicher Dynamik, aber linienhaft bzw. punktuell in unterschiedlicher Periodizität und Intensität anthropogen bzw. anthropo-zoogen beeinflusst. Zone 3: Starke anthropogene bzw. anthropo-zoogene Störungen zusätzlich zu einer natürlichen Dynamik (meso- bis euhemerob).

(KORCH & FRIEDMANN 2012, verändert).

7.1.5 Der Faktor Zeit

Die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten und erläuterten Faktoren Standort, Klima, Pflanzenfresser und Mensch beeinflussen in ihrem Zusammenspiel und gegenseitigen Wechselwirkungen die Vegetationsdynamik des Zugspitzplatts. Diese Vegetationsdynamik und der daraus resultierende stetige Wandel der Plattvegetation geschehen jedoch immer als Ergebnis unterschiedlich lang andauernder Prozesse, so dass die Zeit als übergeordneter und verbindender Faktor der Vegetationsdynamik angesehen werden muss. Spontane Störungen wie etwa Felsstürze oder bauliche Veränderungen einzelner Standorte durch den Menschen führen beispielsweise zu kurzfristigen und teilweise sehr deutlichen Veränderungen einzelner Standorte (Abb. 66). Andere Prozesse wie beispielsweise klimatische Veränderungen, aber auch der allmähliche Wandel einzelner Pflanzengesellschaften als das Ergebnis der Beeinflussung durch Beweidung sowie auch die

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

natürliche Sukzession finden dagegen als ein langsamer, erst über einen Zeitraum von vielen Jahren allmählich bemerkbarer Prozess statt.

Die Sichtbarmachung dieser Prozesse und deren Zuordnung zu unterschiedlichen Zeitskalen können schließlich nur über die Fortführung des in den Kapiteln 6 ff. vorgestellten Dauermonitorings erfolgen. Hierauf wird in der abschließenden Diskussion (siehe Kapitel 8 ff.) noch vertiefend eingegangen.



Abb. 66: Diese Aufnahme fläche subnivaler Vegetation unterhalb des Schneefernerkopfes wurde ursprünglich 2011 angelegt. Bei einem Starkregen-Ereignis im August 2012 wurden sämtliche Pflanzen der Fläche weggeschwemmt, so dass sich die Fläche danach vollkommen vegetationslos präsentierte.

(Aufnahme: Oliver Korch 2012).

7.2 Die aktuelle Vegetation als Spiegelbild der Standortheterogenität und der Vegetationsdynamik

Die aktuelle Vegetation des Zugspitzplatts stellt sich als das Ergebnis der Standortheterogenität und beständig ablaufender dynamischer Prozesse dar. Das Ergebnis ist eine ebenfalls sehr heterogene Vegetation, wie anhand der nachfolgenden, verschiedenen Analysen verdeutlicht wird.

Betrachtet man die 154 Arten (150 Arten der Kraut- und 4 Arten der Strauchschicht), die der Vegetationsbeschreibung aus den Kapiteln 5 ff. zugrunde liegen und die Summen ihrer Häufigkeit bzw. Artmächtigkeit in den jeweiligen Einzelaufnahmen (Abb. 67), so ist festzustellen, dass 46,1% (71 Arten) in lediglich zehn oder weniger der zugrunde liegenden 237 Aufnahmen vertreten sind und sogar 62,99% (97 Arten) in 20 oder weniger der Aufnahmen. Die Summe des 9-stufigen Artmächtigkeitswerts der jeweiligen Einzelarten ist bei 62,38% (96 Arten) ≤ 50 und dieser Wert steigt auf 74,03% (114 Arten) für eine Summe ≤ 100 .

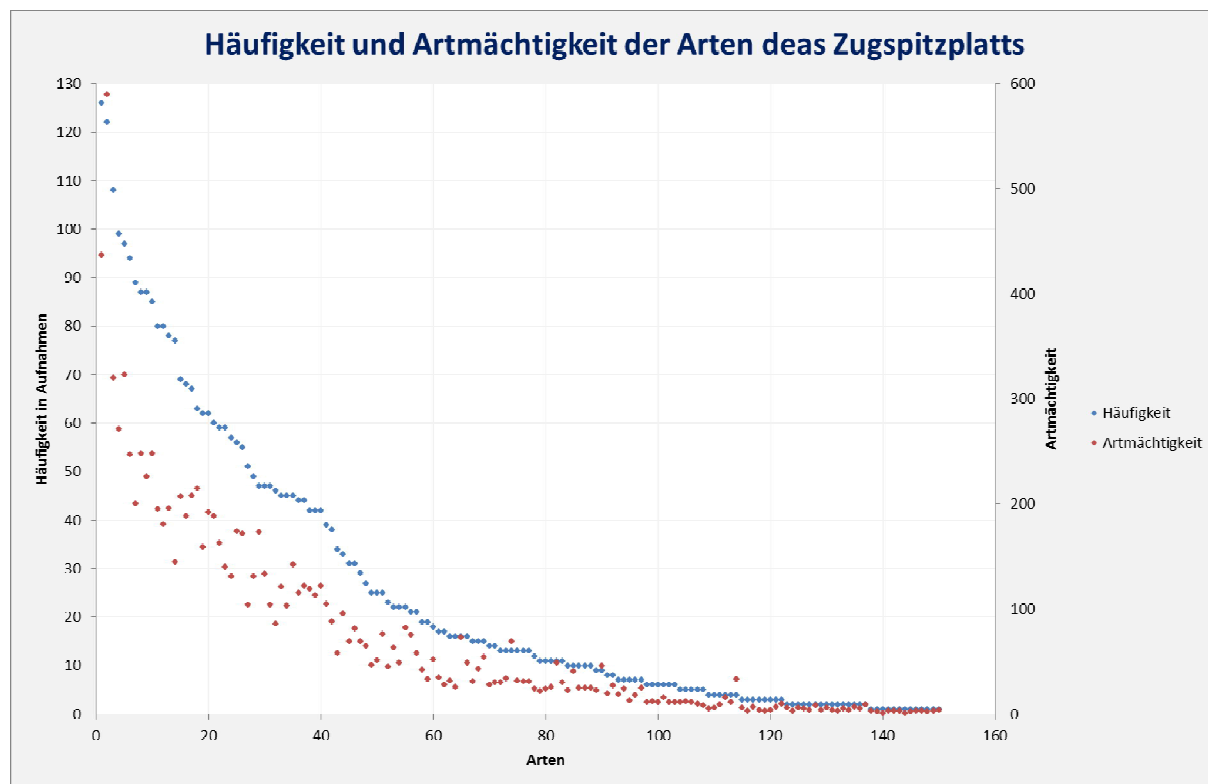


Abb. 67: Häufigkeit des Auftretens und Summe der Artmächtigkeit für 154 Arten aus 237 Vegetationsaufnahmen des Untersuchungsgebiets.

Führt man mit den 237 Vegetationsaufnahmen bzw. den 154 Arten die Detrended Correspondence Analysis (DCA) mit einer entsprechenden Gewichtung der jeweiligen Artmächtigkeit durch (Abb. 68-71), so erhält man entsprechend große Gradient-Längen auf den jeweiligen Ordinationsachsen.

Diese betragen für die Analyse der Aufnahmen hinsichtlich ihres Arteninventars und der jeweils damit verbundenen Artmächtigkeit für die erste Achse etwa neun, für die zweite und dritte Achse etwa vier Standardabweichungen. LEYER & WESCHE (2007) geben hierzu an, dass bei einer Standardabweichung >4 zwei Aufnahmen in der Regel keine gemeinsamen Arten mehr aufweisen. Für die entsprechende Gradient-Länge von 9 Standardabweichungen liegt somit ein mehr als zweifacher Artwechsel vor.

Die entsprechende Ordination der 154 Arten und ihrem Vorhandensein in den jeweiligen Einzelaufnahmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Artmächtigkeit ergibt für die erste Achse eine Gradient-Länge von etwa neun Standardabweichungen, für die zweite Achse etwa sechseinhalb und für die dritte Achse etwa fünf. Auch hier werden die Gradienten so interpretiert, dass bei einer Gradient-Länge >4 eine Art nicht mehr an dem selben Standort vorkommen.

Die Überprüfung der mithilfe der Detrended Correspondence Analysis ermittelten Gradienten entspricht weitgehend den entsprechenden Daten der pflanzensoziologischen Tabellenarbeit (siehe Kapitel 5 ff.). Dennoch vorhandene Unterschiede lassen sich mit einer anhand von Erfahrungswerten anders erfolgten Einteilung (EGGENSBERGER 1993) gegenüber einer nur aufgrund von Variablen basierenden Berechnung erklären.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

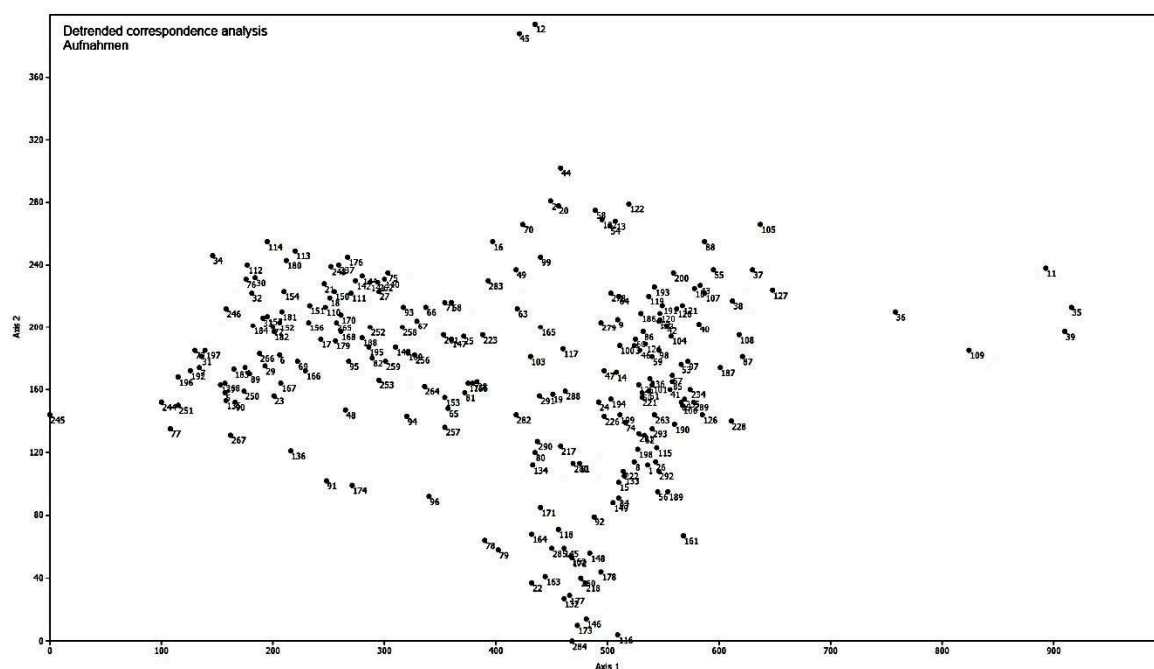


Abb. 68: DCA der 237 Aufnahmeflächen. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 1 und 2.

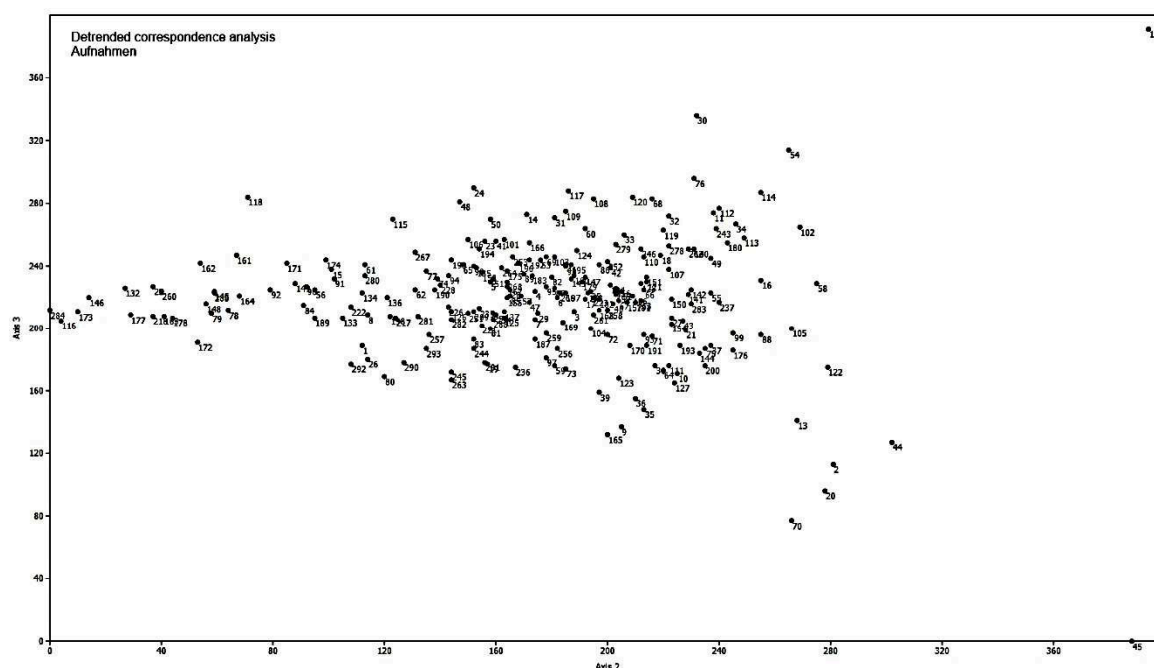


Abb. 69: DCA der 237 Aufnahmeflächen. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 2 und 3.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

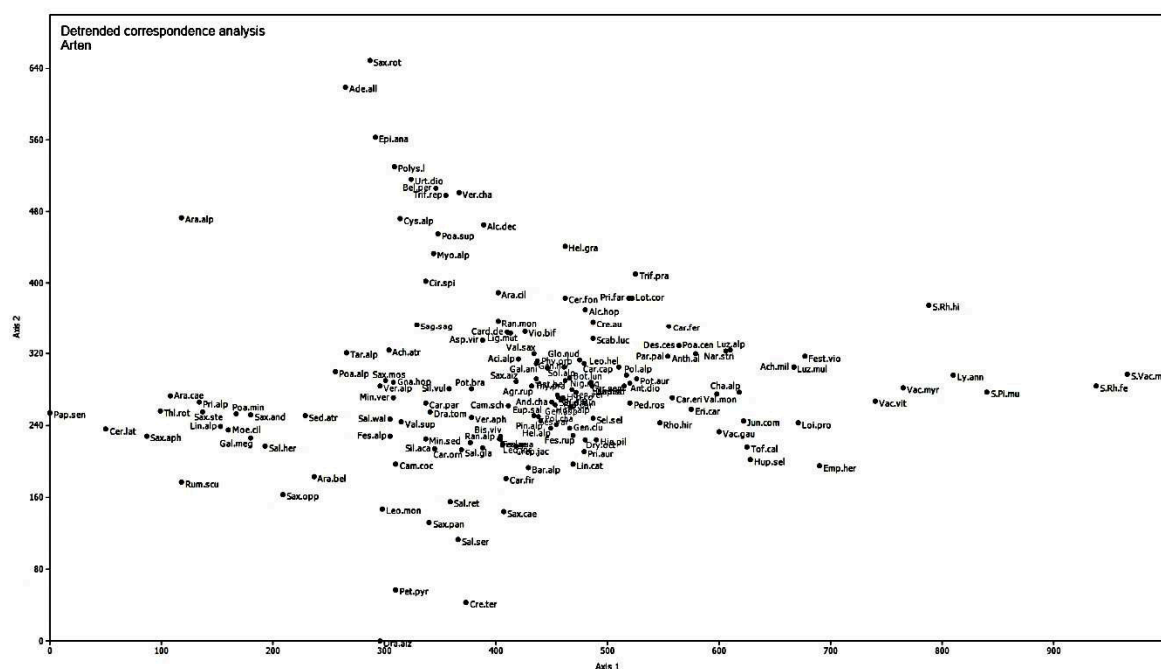


Abb. 70: DCA der 154 Arten. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 1 und 2.

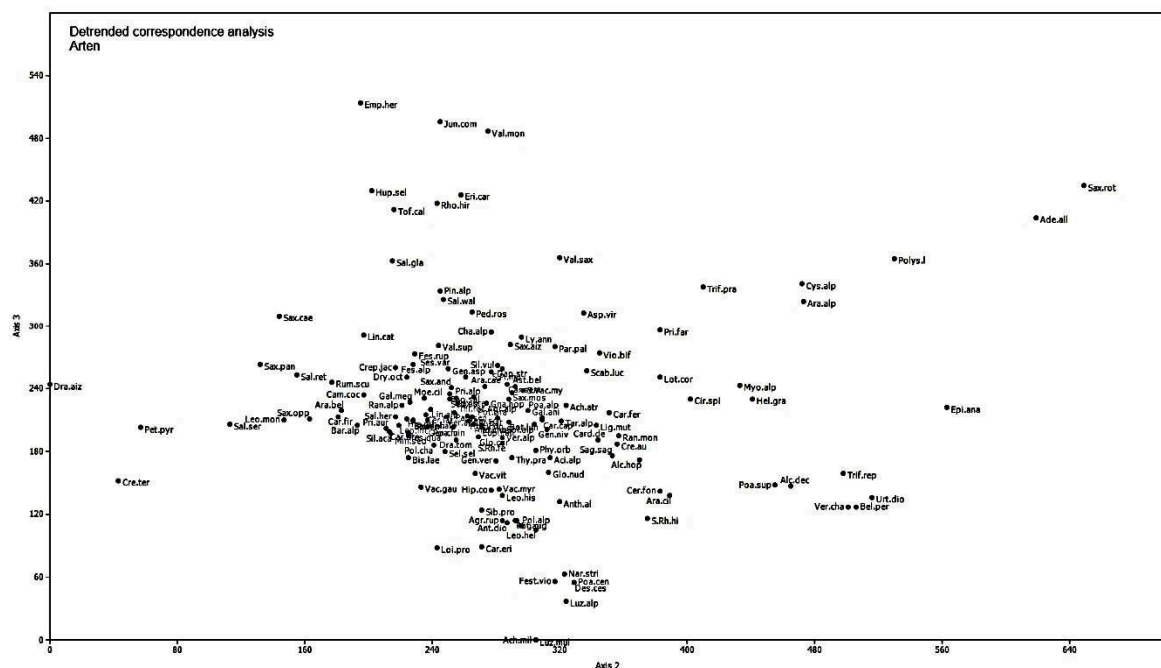


Abb. 71: DCA der 154 Arten. Dargestellt sind die Ordinationsachsen 2 und 3.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Ein gutes Mittel, die Zugspitzplattvegetation sowohl als Gesamtlebensraum als auch einzelne Assoziationen bezüglich ihrer standörtlichen Ansprüche zu charakterisieren, stellt schließlich eine Auswertung des jeweiligen Arteninventars hinsichtlich der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) dar. Auf Gesellschaftsebene bieten sich hierbei solche Pflanzengesellschaften an, die aufgrund eines besonders ausgeprägten Standortparameters hervorstechen, der unter den übrigen Assoziationen des jeweiligen Untersuchungsgebiets großflächig anders ausgebildet ist. So sind in Abb. 72 die entsprechenden Ellenberg-Werte sowohl für das gesamte Untersuchungsgebiet (237 Aufnahmen) als auch für die an Säurezeigern reichen Borstgras-Rasen und die entsprechend nitrophilen Faxrasen vergleichend zusammengefasst. Hierbei wurden bei den durchgeführten Berechnungen die jeweiligen Zeigerwerte entsprechend der Artmächtigkeit gewichtet. Die zugrunde liegenden Ellenberg-Zahlen wurden nach ELLENBERG et al. (2001) sowie des BOTANISCHEN INFORMATIONSKNOTENS BAYERN (2013) ermittelt.

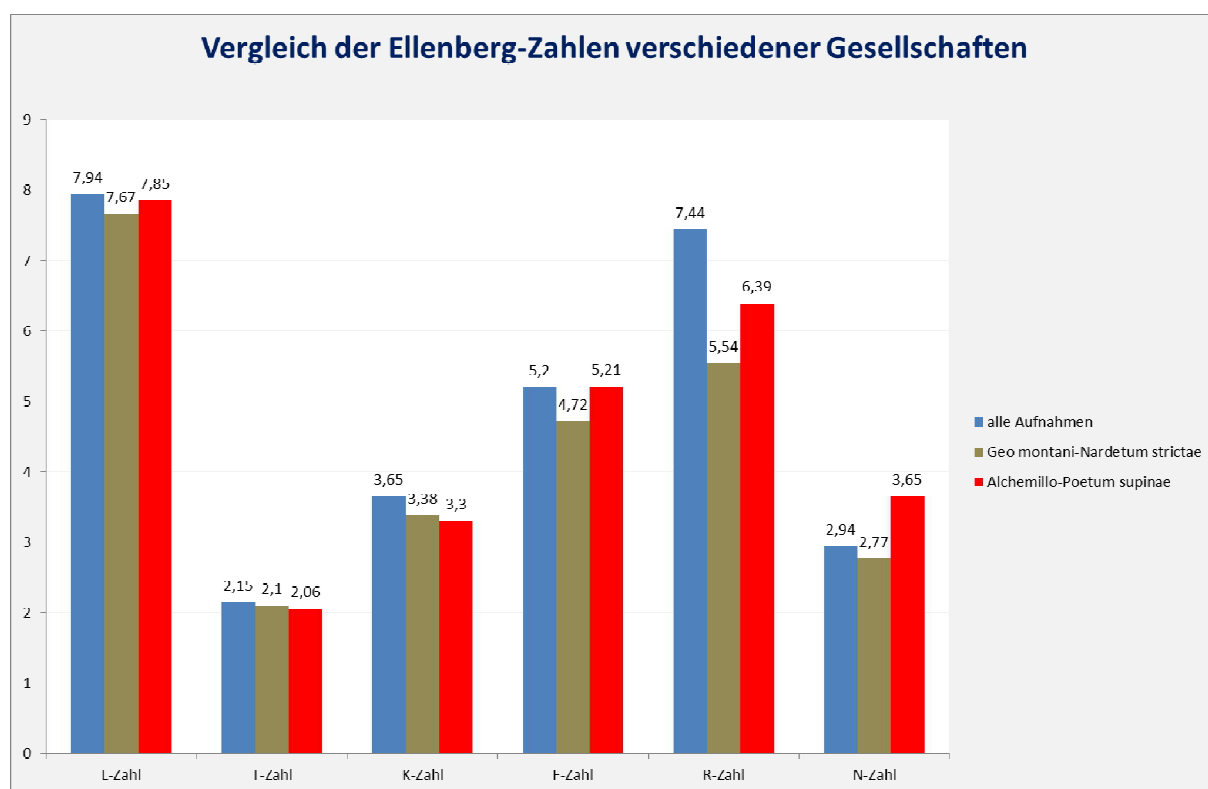


Abb. 72: Vergleich der Ellenberg-Werte für die gesamte Vegetationsaufnahme, das *Geo montani-Nardetum strictae* und das *Alchemillo-Poetum supinae*.

Deutlich ist in Abb. 72 die Charakteristik der Zugspitzplattvegetation als eine entsprechend der großen Anzahl an Offenstandorten lichtliebende Vegetation. Die mittleren Temperaturzahlen sind entsprechend niedrig ausgeprägt und auch die Kontinentalität des Arteninventars ist nicht deutlich ausgeprägt. Insgesamt zeigen die Feuchtezahlen einen im Mittel frischen Charakter der Pflanzengemeinschaften an, die Reaktionszahlen sind aufgrund des karbonatischen Ausgangsgesteins hoch und die Stickstoff-anzeigenden N-Zahlen nur schwach ausgeprägt. Dennoch lassen sich bei den letzten beiden Parametern im Vergleich

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

zur Gesamtvegetation deutliche Abweichungen erkennen. Die R-Zahl ist bei den in der Regel auf gut entwickelten und entsprechend entbasten Böden ausgeprägten Faxrasen deutlich niedriger und im acidophilen Borstgras-Rasen nimmt dieser Wert nochmals deutlich ab. Bei der N-Zahl sticht dagegen das *Alchemillo-Poetum supinae* aufgrund einer vermehrten Stickstoffzufuhr durch die Ausscheidungen der dort stehenden Schafe deutlich hervor.

Abschließend sind in Abb. 73 die jeweiligen Ellenberg-Zahlen nach der Häufigkeit des Auftretens der betreffenden Werte bei den 154 Arten der Vegetationsaufnahme zusammenfassend dargestellt.

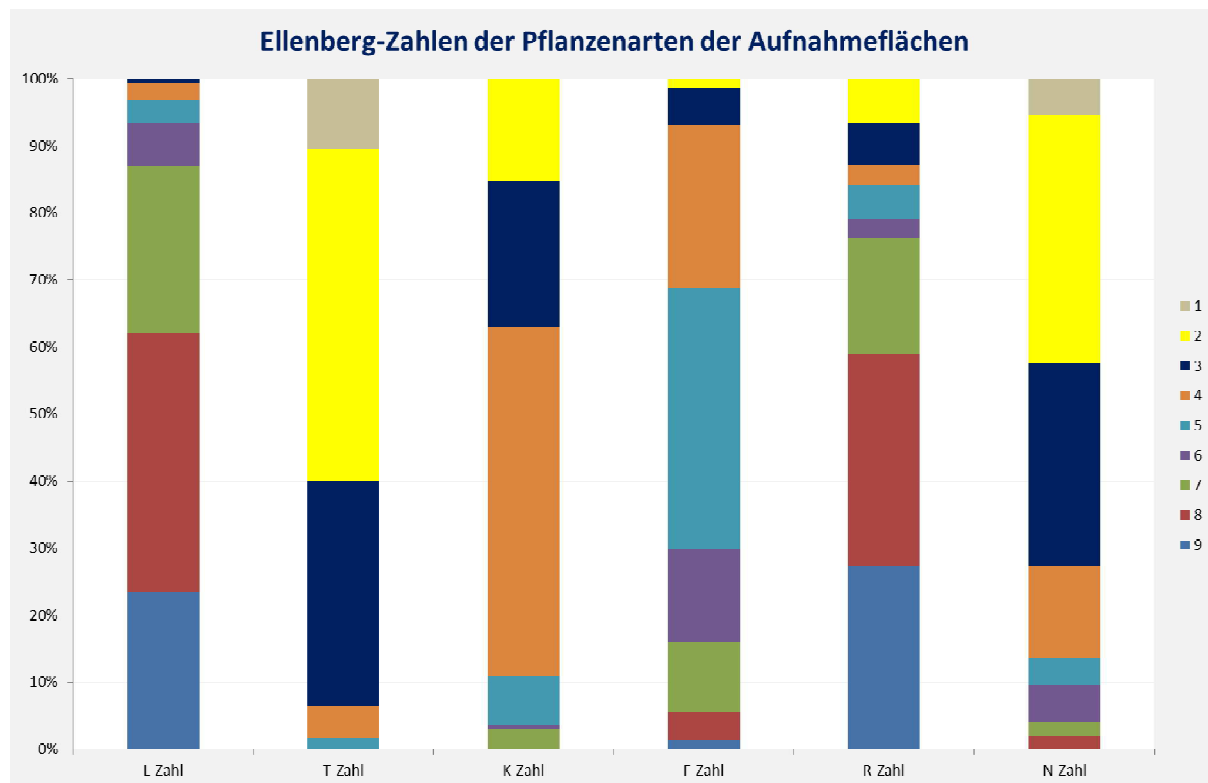


Abb. 73: Auftreten der jeweiligen Werte der entsprechenden Ellenberg-Zahlen für die 154 Arten der Vegetationsaufnahme.

7.3 Standortheterogenität und Vegetationsdynamik der einzelnen Zonen des Untersuchungsgebiets

Nachfolgend werden nun die wichtigsten Standortparameter und vegetationsdynamischen Prozesse für die drei Zonen des Untersuchungsgebiets zusammengefasst.

In der subalpinen Zone des Untersuchungsgebiets dominieren Latschengebüsche sowie gut entwickelte Rasen auf tiefgründigen Böden. Standorte mit offenem Schutt und einer entsprechenden Schuttdynamik sind dagegen nur kleinräumig ausgeprägt. Das südliche Zugspitzplatt weist dabei eine offensichtliche klimatische Begünstigung gegenüber dem nördlichen Untersuchungsgebiet auf. Hierauf deuten das Höherreichen der Latschen südlich des Brunntals sowie die Ergebnisse erster geländeklimatologischer Untersuchungen hin.

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Die aktuelle Lage der Obergrenze des Latschengürtels ist vermutlich anthropo-zoogen herabgesetzt. Darauf deuten der allgemein vitale Zustand und auch das Fruchten der vorhandenen Latschenbüsche. Im Weiteren sind teilweise Ersatzgesellschaften in Form von Zwergstrauchheiden ausgebildet. Zusätzlich konnten knapp oberhalb der aktuellen Latschengrenze mehrmals Holzreste im Boden angetroffen werden. Die Radiokarbon-Datierung einer Probe ergab ein Alter von 195 BP, was einer Datierung in die Mitte bzw. die zweite Hälfte des 18. Jh. entspricht. Geht man nun davon aus, dass es während der damaligen „kleinen Eiszeit“ zu einer allgemeinen Depression der Höhenstufen gekommen sein muss, wird deutlich, dass die heutige Obergrenze der Latsche noch unterhalb des Wertes der „kleinen Eiszeit“ liegt. Somit überlagert aktuell eine anthropo-zoogene Dynamik deutlich ein klimatisch möglich erscheinendes „Höherwandern“ zumindest der Latschengesellschaften. Studien zeigen zudem, dass Rasengesellschaften eine gewisse Resistenz gegenüber dem Eindringen von Baum- und Gehölzarten zeigen (DULLINGER et al. 2003).

Im Bereich des Wanderwegs zum Gatterl findet kleinräumig eine verstärkte anthropogene Trittbelastung der Flächen statt und es ist davon auszugehen, dass mit dem Wandertourismus auch ein Nährstoffeintrag in die umliegenden Flächen stattfindet.

Die alpine Zone des Untersuchungsgebiets wird hauptsächlich von Rasengesellschaften auf unterschiedlich entwickelten Böden eingenommen. Daneben kommen aber auch in einem bereits größeren Anteil nackte Felsflächen, Karrenfelder sowie Schuttflächen mit entsprechender Dynamik vor. An der Grenze dieser Zone hin zur großflächig subnival geprägten Zone der Schutt-, Felsspalten-, und Schneetälchenvegetation nimmt diese Schuttdynamik auch in den lückiger werdenden Rasenflächen zu. Klimatisch ist wiederum eine Begünstigung des Zugspitzplatts südlich des Brunntals zu erkennen, da hier die Rasenzone teilweise über 100 m höher ausgebildet ist als im nördlichen Untersuchungsgebiet.

Durch die Beweidung werden die Rasen großflächig anthropo-zoogen überprägt. Diese Überprägung durch die weidenden Schafe führt teilweise bis zu einem gesellschaftlichen Wandel der Vegetation im Bereich des *Alchemillo-Poetum supinae* und des *Geo montani-Nardetum strictae*. Der Mensch beeinflusst die Vegetation dieser Zone vor allem im Bereich der stark frequentierten Knorr-Hütte, aber auch durch Tritt und vermutlich verstärkten Nährstoffeintrag entlang des Plattsteiges zwischen Knorr-Hütte und SonnAlpin. Auch ist eine Belastung im Bereich des Brunntal-Lifts durch den Skitourismus und die damit verbundene Pistenpräparierung gegeben.

Die überwiegend subnival geprägte Zone der Schutt-, Felsspalten- und Schneetälchenvegetation wird schließlich von offenen Fels- und Schuttstandorten dominiert. Die entsprechende geomorphologische Dynamik ist groß und auch die Schneedeckendauer erreicht hier teilweise Werte von über zehn Monaten. Dementsprechend ist die Vegetation nur noch geringdeckend ausgebildet und wird von besonders an die extremen

Die Vegetationsdynamik und -diversität auf dem Zugspitzplatt

Standortbedingungen angepassten Spezialisten dominiert. Die Bodenentwicklung tritt großflächig stark zurück und beschränkt sich häufig nur noch auf eine nicht flächendeckende initiale Humusakkumulation. Das Geländeklima spielt in dieser Zone eine häufig besonders differenzierende Rolle bei der Ansiedlung einzelner Vegetationsgesellschaften. So können beispielsweise höhergelegene Standorte im Zuge einer günstigen Exposition und geringerer Beschattung eine wesentlich längere Vegetationsperiode ermöglichen, was sich in einer Umkehrung der vertikalen Abfolge von Pflanzengesellschaften manifestieren kann. Eine solche Entwicklung kann beispielsweise im Bereich der beiden Datalogger unterhalb der Plattspitzen beobachtet werden, wo dank einer günstigen Exposition sogar eine initiale Rasenbildung möglich ist (siehe Kapitel 7.1.2.1). Andererseits kann sich eine Muldenlage entsprechend positiv auf die Vegetation als Schutz vor winterlicher Kälte und Austrocknung auswirken.

Die anthropo-zoogene Belastung dieser Zone ist geringer als die der beiden anderen. Dennoch konnten auch im subnivalen Bereich immer wieder einzelne Gruppen weidender Schafe beobachtet werden. Der Mensch beeinflusst durch den Wintertourismus im Skigebiet und der damit verbundenen Präparierung und auch Bebauung große Teile dieser Zone massiv. Dies wird in einer teilweise veränderten Vegetation im Pistenbereich deutlich, die durch eine entsprechende künstliche Verlängerung der winterlichen Schneedeckendauer begünstigt wird. Teile der Skipisten und der auch im Sommer vielbegangene Bereich um das SonnAlpin präsentieren sich weitestgehend vegetationslos. Im Bereich der Lifttrassen und Skipisten wird auch rezent verstärkt Abfall in die Flächen eingebracht, am oberen Plattsteig ist schließlich eine verstärkte Trittbelastung zu beobachten und auch in diesem Bereich ist eine entsprechende, punktuelle Nährstoffzufuhr zu vermuten.

8. Diskussion der Ergebnisse, künftige Forschung und Fazit

8.1 Vegetationskarte und Vegetationsaufnahme

Die dieser Arbeit beiliegende „Vegetationskarte des Zugspitzplatts 1:5.000“ ist die graphische Umsetzung der in den Kapiteln 5 ff. dargestellten Vegetationsaufnahmen des Zugspitzplatts aus den Jahren 2009-2013 (237 Aufnahmen) sowie der bisher erfolgten Neuaufnahmen (Kapitel 6 ff.) im Rahmen des 2010 initiierten Dauermonitorings. Es wurde somit von diesen punktuellen Aufnahmen Rückschlüsse auf die Gesamtfläche gezogen und entsprechend die nicht dezidiert aufgenommenen Flächen ergänzt. Für die nicht durch Vegetationsaufnahmen belegten Bereiche wurde auf die Erkenntnisse zurückgegriffen, die aufgrund der Auswertung hochauflösender Luftbilder als auch durch flächendeckende Geländebegehungen des gesamten Untersuchungsgebiets während der Geländeaufenthalte gewonnen werden konnten. Auch das Studium älterer Vegetationskarten (CREDNER 1995), Artenlisten (ZÖTTL 1950; ABK 2011) sowie historischer Karten und Zeichnungen (NAUS 1826; SCHWAIGER 1901), auf denen Vegetationsbedeckung zu erkennen ist, lieferten hierzu Anhaltspunkte. Ergänzt um das Wissen über die typische Physiognomie der Pflanzengesellschaften und deren spezielle Standortansprüche, das wiederum aus den aufgenommenen Flächen resultiert, erscheint somit eine Klassifizierung nicht aufgenommener Bereiche als bestimmte Vegetationstypen bzw. Assoziationen vertretbar. Es darf aber stets nicht außer Acht gelassen werden, dass eine sich künftig noch erweiternde Datenbasis aus neuen Vegetationsaufnahmen eine Korrektur der Karte an den entsprechenden Stellen notwendig machen kann.

Auch gilt es zu bedenken, dass jegliche kartographische Darstellung eines Sachverhalts immer einen gewissen Grad an Generalisierung erfordert, der mit einem notwendigen Verzicht einiger botanischer Details einhergeht (PEDROTTI 2013). Dieser ist aber notwendig, um wesentliche Informationen auch in einer Karte mit großem Maßstab darstellen zu können, die dennoch immer eine deutlich verkleinerte Darstellung des tatsächlichen Untersuchungsgebiets wiedergibt.

Ein weiteres Problem der Darstellung in einer Karte stellt die Abgrenzung einzelner Flächen durch die Verwendung bestimmter Signaturen dar. Die Grenze zwischen zwei Kartenausschnitten gleicher Signatur ist immer eine Linie und es wird damit unumgänglich der Umstand vernachlässigt, dass in der Realität verschiedene Vegetationseinheiten oft nicht linienhaft voneinander abgetrennt sind, sondern häufig mit einem mehr oder weniger breiten Übergangsbereich ineinander übergehen (GRÜNINGER 2011; PEDROTTI 2013). In Vegetationskarten, aber auch in anderen thematischen Karten zu beispielsweise ökologischen oder das Klima betreffenden Sachverhalten wird versucht, diesem Umstand Rechnung zu tragen, indem solchen Übergangsbereichen wiederum eine spezielle Signatur zugewiesen wird. Eine solche, je nach Fragestellung gerechtfertigte Vorgehensweise liefert somit wichtigste Informationen zu diesen Übergangsbereichen. Letztendlich sind aber auch diese wiederum durch eine Linie von den abgrenzenden Signaturen getrennt, so dass das

Diskussion der Ergebnisse, künftige Forschung und Fazit

grundsätzliche Problem dadurch nicht gelöst werden kann und unter Umständen die Lesbarkeit der Karte reduziert wird.

Schließlich stellt die vorliegende „Vegetationskarte des Zugspitzplatts 1: 5.000“ eine notwendige Neubearbeitung der Karte „Vegetationsgesellschaften auf dem Zugspitzplatt“ im Maßstab 1: 25.000 (CREDNER 1995) dar. Obgleich letztere eine gute erste Übersicht über die grundsätzliche floristische und pflanzensoziologische Gliederung des Zugspitzplatts liefert, ist ihre Detailgenauigkeit besonders im Bereich der dargestellten Assoziationen zu gering. Wichtige antro-po-zoogen beeinflusste Gesellschaften wie die Borstgras-Rasen und die nitrophilen Lägerstellen fehlen sogar ganz. Somit erscheint diese Karte auch für einen Abgleich mit der aktuellen Verbreitung der Plattvegetation lediglich mit Einschränkungen verwendbar. Diese Ungenauigkeiten sind sehr wahrscheinlich auf die nur sehr kurze Bearbeitungszeit zurückzuführen, die der Autorin für ihre Bearbeitung zur Verfügung stand.

Im Zuge der Vegetationsaufnahme stellte es sich auf dem sehr heterogenen Zugspitzplatt als besonderes schwierig dar, die Flächen der Vegetationsaufnahme entsprechend einheitlich zu wählen. Wie in Kapitel 3.1 dargestellt wurde zwar versucht, die Flächen gemäß den Vorgaben der pflanzensoziologischen Vegetationsaufnahme zumindest auf Assoziationsebene möglichst einheitlich zu wählen (siehe Tab. 2), dennoch mussten aufgrund der Topographie häufig Abweichungen nach unten in Kauf genommen werden. Auch kam es besonders im Zuge der Wiederaufnahmen des Dauermonitorings dazu, dass einige Flächen aufgrund dynamischer Prozesse gesellschaftlich neu eingeordnet werden mussten (siehe Kapitel 6 ff.) und somit eine abweichende Flächengröße von der eigentlich für diese neue Assoziation geltenden hingenommen werden musste.

Die in dieser Arbeit verwendete Skala zur Abschätzung der Artmächtigkeit nach REICHELT & WILMANN (1973) wurde hauptsächlich aus Gründen einer bestmöglichen Vergleichbarkeit der erhobenen Vegetationsaufnahmen mit solchen aus älteren Arbeiten gewählt. Außerdem ermöglichen die großzügigen Intervalle dieser Skala eine relativ rasche Abschätzung der Artmächtigkeit vieler Arten, was im Rahmen der flächendeckenden Erfassung der Plattvegetation von Vorteil war. Im Zuge der Wiederaufnahmen des Monitorings zeigte sich jedoch, dass besonders deren höhere Stufen (siehe Tab. 1; Einteilung in 25%-Deckungsschritte ab dem Wert 3) nur bedingt dazu geeignet erscheinen, kleinere Veränderungen der Artmächtigkeit verlässlich zu erfassen. Somit ist es überlegenswert, für künftige Wiederaufnahmen zumindest für einen Teil der Flächen eine alternative Erfassung der Deckung der Einzelarten vorzunehmen, beispielsweise anhand der von LONDO (1975) vorgeschlagenen Skala, die eine feinere Differenzierung der einzelnen Deckungsgrade ermöglicht.

Als problematisch für die Vegetationsaufnahme hat sich zudem der bereits bei der Darstellung der bisherigen Ergebnisse des Monitorings wiederholt angesprochene unterschiedliche phänologische Aspekt (siehe Kapitel 6 ff.) erwiesen. Hierbei kam es dazu, dass bestimmte Arten in den Einzeljahren zum Aufnahmezeitpunkt unterschiedlich stark

ausgebildet waren; in Extremfällen sogar bereits abgestorben oder noch nicht in einer Fläche sichtbar. Hierbei handelt es sich um ein grundsätzliches Problem jeglicher vor allem längerfristiger Vegetationsaufnahme im Hochgebirge. Bedingt durch die kurze Vegetationsperiode, den aufgrund des jeweiligen Witterungsverlaufs (siehe Kapitel 4.4) jährlich zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintretenden phänologischen Phasen der Einzelarten und die zusätzlich das zeitliche Fenster für Vegetationsaufnahmen im hochalpinen Gelände einschränkenden Phasen schlechter Witterung wird eine Aufnahme immer desselben Aspekts der jeweiligen Aufnahmeflächen massiv erschwert. Um dieses Problem zu minimieren, erscheint es sinnvoll, die entsprechenden Aufnahmen nach Möglichkeit längerfristig von den jeweils gleichen Bearbeitern durchführen zu lassen. Der dabei vorhandene Erfahrungsschatz um die Natur des vermutlichen Arteninventars der betreffenden Aufnahmeflächen vereinfacht ein gezieltes Suchen und Identifizieren in einer Fläche vermuteter Arten, die eventuell nur in schwach entwickeltem vegetativen Zustand vertreten sind, bzw. solcher Arten, die aufgrund von Verbiss entsprechende Einbußen ihrer Phytomasse erlitten haben. Auch erscheint es überlegenswert, die Wiederaufnahme im Rahmen des weiteren Monitorings auf solchen Flächen ggf. zu intensivieren, die unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur relativ einfach zu erreichen sind. Somit wäre es möglich, die Aufnahme dieser Flächen relativ unabhängig von der Witterung beim Eintritt eines vorher definierten phänologischen Aspekts durchzuführen (möglichst dann, wenn alle Arten einer Fläche zumindest im vegetativen Zustand in der Fläche sichtbar sind). Das Eintreten des entsprechenden phänologischen Aspekts könnte hierbei von einer auf dem Zugspitzplatt tätigen Person nach vorheriger Einweisung erfolgen, bzw. es ist über die Möglichkeit nachzudenken, sich hierfür Methoden der Fernerkundung in Form einer Installation entsprechend hochauflösender Kameras zu bedienen, mit deren Hilfe die Phänologie einer bestimmten Dauerbeobachtungsfläche überwacht werden kann.

Schließlich sollte angestrebt werden, im Zuge künftiger Arbeiten im Untersuchungsgebiet die begonnene, aber noch nicht vollständige Artenliste der Kryptogamen des Zugspitzplatts (siehe Kapitel 5.8) weiter zu vervollständigen. Hierbei ist darüber nachzudenken, auf einzelnen Flächen des Dauermonitorings zusätzlich eine, bisher aus zeitlichen Gründen nicht mögliche nach Arten getrennte Aufnahme der Kryptogamen zu realisieren und diese ebenfalls in das Monitoring mit aufzunehmen, da den Kryptogamen nicht zuletzt eine wichtige Rolle als Bioindikator zukommt (FRAHM 1998).

8.2 Pflanzensoziologische Gliederung der Plattvegetation

Die pflanzensoziologische Gliederung des Zugspitzplatts in dieser Arbeit erfolgte unter dem primären Gesichtspunkt, die aktuell im Untersuchungsgebiet vorkommende Vegetation möglichst optimal zu strukturieren und dabei der lokalen Charakteristik dieser Vegetation bestmöglich Rechnung zu tragen. Wie in den entsprechenden Kapiteln bereits erläutert, herrscht bei verschiedenen im Untersuchungsgebiet angetroffenen Assoziationen Uneinigkeit bezüglich der syntaxonomischen Einordnung dieser Pflanzengesellschaften, aber

auch bei der Identifizierung entsprechender Charakter- und Differentialarten auf verschiedenen syntaxonomischen Rangstufen. Während aus Gründen der Einheitlichkeit bei der Nomenklatur der einzelnen Assoziationen ausschließlich der Systematik von RENNWALD (2000 Bearb.) gefolgt wurde, erfolgte die Definition der Charakter- und Differentialarten teilweise aufgrund verschiedener Systematiken (OBERDORFER 1992a; 1992b; 1993a; 1993b; 1998; GRABHERR & MUCINA 1993; MUCINA et al. 1993a; 1993b; POTT 1995). Dies geschah vor dem Hintergrund einer oft vorhandenen regionalen Charakteristik der entsprechenden Aufnahmen. Ein Umstand, auf den von den Autoren der betreffenden Systematik auch immer wieder verwiesen wird. Die in dieser Arbeit ausgewiesenen Kenn- und Trenntaxa entsprechen somit am besten der Natur der aktuellen Vegetation des Untersuchungsgebiets. Dem entsprechend fand auch die Unterteilung einzelner Assoziationen in Varianten und Subassoziationen als die für das vorliegende Untersuchungsgebiet optimal erscheinende Form der Untergliederung statt. Hierbei wird aber nicht außer Acht gelassen, dass eine Überprüfung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Vegetationsaufnahmen mit einem rein systematischen Hintergrund vor allem im überregionalen Kontext zu in Teilen abweichenden Ergebnissen gelangen könnte.

8.3 Das bisherige Dauermonitoring

Zu den Schwierigkeiten und Perspektiven im Zusammenhang mit der Wiederaufnahme von Dauerbeobachtungsflächen wurde bereits unter dem Aspekt der allgemeinen Vegetationsaufnahme im Kapitel 8.1 eingegangen.

Die in den Kapiteln 6 ff. vorgestellten Ergebnisse des bisherigen Monitorings 2009-2013 liefern nun erste Daten zur Vegetation dieser Flächen über einen mehrere Jahre andauernden Zeitraum. Hierbei sind, wie dargestellt, zahlreiche Veränderungen verschiedener Parameter in diesen Wiederaufnahmen festzustellen. Dabei entsprechen manche der bisher festgestellten Entwicklungen wie beispielsweise die Tendenz hin zu einer größeren Deckung der Krautschicht durchaus Entwicklungen, die von verschiedenen Autoren sowohl auf regionaler Ebene der Alpen (KUDERNATSCH 2007; PAULI et al. 2007), anderer Regionen (MICHELSEN et al. 2009) sowie weltweit im Vergleich (PAULI et al. 2012; GRABHERR et al. 2010) berichtet werden. Die gleichzeitig festgestellten leichten Abnahmen der Artenanzahl, des Veränderungswerts der Artmächtigkeit sowie der Höhe der Krautschicht scheinen im Widerspruch zur allgemein progressiven Entwicklung der Vegetation in diesen Studien zu stehen. Dennoch gibt es auch vereinzelte Berichte von einer teilweise stagnierenden Vegetationsentwicklung zumindest in einzelnen Höhenstufen (VITTOZ et al. 2009), bzw. wird die Abnahme von ehemals in den höchsten Gipffluren vorkommender Arten aufgrund eines Verdrängens durch „Nachrücken“ der Arten ehemals tieferer Standorte verzeichnet (PAULI et al. 2007). Ein direkter Vergleich abseits dieser grundsätzlichen Entwicklungstendenzen anderer Studien ist aber beispielsweise auf Ebene einzelner Spezies nur schwer möglich, da sich in den verschiedenen Untersuchungsgebieten nicht nur das Arteninventar, sondern auch die Ausstattung von Standorten sowie das Geländeklima

unterscheiden. Bezüglich einer Aussagekraft der vorliegenden Daten zum Zugspitzplatt über langfristige dynamische Prozesse, die ggf. sogar ein Höhersteigen einzelner Arten oder gar Gesellschaften der Plattvegetation im Zuge einer allgemeinen Erwärmung des Klimas zu beweisen vermögen, scheint der bisherige Monitoring-Zeitraum auch im Hinblick auf die längerfristigen Untersuchungszeiträume anderer Monitoring-Projekte (s. u.) allerdings zu kurz.

Die beobachteten Veränderungen können wie beschrieben in einigen Fällen zwar bestimmten Störgrößen bzw. die Dynamik beeinflussende Faktoren mit unterschiedlicher Sicherheit zugeschrieben werden, jedoch kann es sich dabei jeweils um Einzelereignisse handeln, die somit keinen allgemeinen Trend darstellen. Um diesbezüglich statistisch belastbare Daten zu erhalten, muss somit die begonnene Dauerbeobachtung künftig zwingend fortgeführt werden. Dass hierfür wahrscheinlich sogar in Jahrzehnten gedacht werden muss, wird auch von den Betreibern entsprechender Langzeit-Beobachtungen entsprechend kommentiert (GOTTFRIED et al. 2002) bzw. liegen für erfolgte Vergleiche bereits Daten mit dem Abstand mehrerer Jahre bis Jahrzehnte vor (KUDERNATSCH 2007; KELLY & GOULDEN 2008; VITTOZ et al. 2009). Trotz ihrer aktuell noch beschränkten Aussagekraft liefern die bisher erarbeiteten Daten des Monitorings somit eine wichtige und unverzichtbare Grundlage, um im Zuge einer Fortführung dieses Projekts schließlich belastbare und aussagekräftige Daten zur Vegetationsdynamik des Untersuchungsgebiets erhalten zu können.

Im Gegensatz zu regionalen (PAULI et al. 1996; 2001; 2003b; 2007; ERSCHBAMER et al. 2003; 2006; 2008; KANKA et al. 2005; KAZAKIS et al. 2006, PICKERING et al. 2008; MICHELSEN et al. 2009) bzw. überregionalen Langzeit-Monitorings (PAULI et al. 2003a; 2012; GRABHERR et al. 2010) im Kontext des GLORIA-Gipfel-Projekts, die sich dabei jedoch auf Beobachtungsflächen unterschiedlicher Höhenstufen auf einzelnen Berggipfeln konzentrieren, ist der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz ein lokaler, dafür aber möglichst flächendeckender: Angestrebt wird dabei, das Zugspitzplatt, seine Vegetation und Vegetationsdynamik als zusammenhängendes Ökosystem zu verstehen. Ein wichtiger Ansatz liegt hierbei bei einem angestrebten Verständnis aller Faktoren, welche die Vegetationsdynamik des Untersuchungsgebiets steuern und beeinflussen. Zu den bereits identifizierten Faktoren dieser Gruppe zählen wie in den Kapiteln 7 ff. dargelegt auf dem Zugspitzplatt neben dem Klima der jeweilige Standort, die auf diesen Flächen in den Nährstoffhaushalt eingreifenden Herbivoren sowie der Mensch. Alle diese Prozesse laufen zudem auf unterschiedlichen zeitlichen Skalen ab.

Unter der Annahme, dass an jeder vegetationsdynamischen Veränderung auf dem Zugspitzplatt diese Faktoren in verschiedener Anzahl und mit verschiedenem Anteil mitwirken, kommt der Kenntnis dieser jeweiligen Anteile sowie deren gegenseitiger Wechselwirkungen für das Verständnis und die Interpretation der gegenwärtigen, aber auch für die Vorhersagbarkeit der künftigen Vegetationsdynamik eine fundamentale Rolle zu. Dies gilt auch für die Annahme eines sich künftig weiter erwärmenden Klimas (IPCC 2013) mit entsprechend verlängerten Vegetationsperioden (THEURILLAT & GUISAN 2001), da sich hieraus

auch entsprechende, veränderte Wechselwirkungen mit anderen, die Vegetationsdynamik steuernde Faktoren ergeben können.

8.4 Künftige Forschung und Ausblick

Für die angestrebte Fortführung des begonnenen Dauermonitorings ergeben sich hieraus folgende Notwendigkeiten:

-Ein kontinuierlicher, weiterer Ausbau des vorhandenen Datensatzes zu den Entwicklungen der bereits eingerichteten Dauerbeobachtungsflächen. Nur so können schließlich statistisch belastbare Aussagen hinsichtlich vegetationsdynamischer Entwicklungen getroffen werden. Hierzu sollen die Monitoring-Flächen in regelmäßigen Abständen erneut aufgenommen werden. Dabei ist allerdings aus Gründen einer vor allem witterungsbedingten zeitlichen Limitierung der Geländearbeit zu bedenken, ob hierzu die jährliche Aufnahme aller Flächen weiterhin angestrebt wird oder ob dieser Aufnahmezyklus aufgrund der allgemein langsamen Vegetationsentwicklung im Hochgebirge zumindest für einen Teil der Dauerbeobachtungsflächen auf längere Zeiträume (z.B. alle drei Jahre) ausgedehnt werden kann. Mit dem daraus resultierenden besseren Zeitmanagement könnten Flächen einer ersten zu bildenden Gruppe im Bereich der beiden Ökotope, auf denen eine verstärkte Vegetationsdynamik zu erwarten ist und bereits auch beobachtet werden konnte, weiterhin jährlich und unter Berücksichtigung der in Kapitel 8.1 gemachten Verbesserungsvorschläge intensiv betreut werden. Flächen mit geringerer zu erwartender Dynamik könnten hingegen im dreijährigen Zyklus ergänzende Daten liefern. Sollte dabei wider Erwarten eine verstärkte Dynamik auf Flächen dieser zweiten Gruppe festgestellt werden, muss aber jederzeit eine bedarfsorientierte, flexible Erweiterung der ersten Gruppe um diese Flächen erfolgen. Umgekehrt können auch Flächen der ersten Gruppe, auf denen eine geringere Dynamik als erwartet stattfindet, entsprechend nachträglich in die zweite Gruppe mit extensiverem Monitoring umgruppiert werden.

-Um künftig noch besser die Anteile der jeweiligen, die Vegetationsdynamik steuernden Faktoren definieren zu können, ist die Einrichtung spezieller Dauerbeobachtungsflächen erstrebenswert, auf welchen dann jeweils einzelne dieser Faktoren fokussiert beobachtet werden können. Hierzu könnten etwa Flächen gezielt umzäunt werden, um den Einfluss der Herbivorie, aber auch die Trittbelastung zu minimieren. Weiter ist zu überlegen, ob Veränderungen des Klimas mit Erwärmungsexperimenten auf einzelnen Flächen zu simulieren sind (KUDERNATSCH 2007).

-Das Netz geländeklimatologischer Messstationen muss weiter ausgebaut werden, so dass entsprechende Daten zumindest für alle Flächen- bzw. Gesellschaftstypen des Dauermonitorings gewonnen werden können. Zudem scheint eine Erweiterung der Temperaturmessungen um den Parameter der Bodentemperatur erstrebenswert.

Diskussion der Ergebnisse, künftige Forschung und Fazit

-Nachdem die anthropo-zoogene Beeinflussung durch die im Sommer weidenden Schafe als einer der Kernfaktoren identifiziert worden ist, der wahrscheinlich einen wesentlichen Anteil am heutigen Erscheinungsbild der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts hat und somit auch bei künftigen Entwicklungen eine wesentliche Rolle spielen wird, sollte ein genaueres Verständnis der Aktivität dieser Tiere angestrebt werden. Hierzu zählen nicht nur das selektive Fressverhalten, sondern auch die Trittschädigung sowie die Beeinflussung der Nährstoffkreisläufe. Letzteres erfolgt durch eine Entnahme von Nährstoffen aus Flächen über das Futter einerseits und den Eintrag von Nährstoffen in Flächen über die Ausscheidungen andererseits. Um die stark räumliche Dynamik dieser Prozesse erfassen zu können, sollte ein Monitoring der Schafe mittels mit GPS-Technik ausgerüsteter Halsbänder angestrebt werden.

-Um den direkten Einfluss des schwer zu erfassenden Wandertourismus auf die betroffenen Flächen im Umkreis der entsprechenden Wanderwege besser abschätzen zu können, ist die Möglichkeit der Durchführung empirischer Befragungen zu bedenken. So könnten Erkenntnisse über entsprechende Verhaltensweisen während des Auf- oder Abstiegs im Untersuchungsgebiet gewonnen werden und Rückschlüsse auf beispielsweise den Einfluss dieser Tätigkeiten direkt auf die Vegetation, aber auch indirekt auf die Nährstoffkreisläufe gezogen werden.

-Abschließend ist zu überlegen, ob im weiteren Verlauf neben dem bereits betriebenen Vergleich der Daten unterschiedlicher Flächen des Untersuchungsgebiets untereinander auch ein besserer Vergleich von Daten zur Vegetationsentwicklung auf dem Zugspitzplatt mit anderen Gebieten sowohl auf regionaler, alpiner Ebene aber auch in letzter Konsequenz global mit anderen Gebirgen angestrebt werden soll. Um diese zu erreichen erscheint es sinnvoll, als Erweiterung des Monitorings auf hierfür ausgewählten Flächen eine Kompatibilität zu in diesem Bereich bereits bestehenden, standardisierten Monitoring-Projekten wie beispielsweise GLORIA (PAULI et al. 2004) anzudenken. Ein solches Vorgehen würde es erlauben, auf dem Zugspitzplatt festgestellte Entwicklungen und Veränderungen nicht nur im Kontext lokaler, sondern auch überregionaler Entwicklungen einzuordnen und entsprechend bewerten zu können.

8.5 Fazit

Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten und diskutierten Ergebnisse der Vegetationsaufnahme mit der entsprechenden kartographischen Umsetzung sowie die vorgestellten Ergebnisse des 2010 eingerichteten und seither vorgeführten Dauermonitorings liefern den bisher umfassendsten Grundstock sowohl zur Beschreibung als auch zum Verständnis der aktuellen Vegetation des Zugspitzplatts. Es liegt nun eine detaillierte, flächendeckende Vegetationskarte des Untersuchungsgebiets auf Ebene der Pflanzengesellschaften vor. Hierbei konnten einige Pflanzengesellschaften wie das *Geomontani-Nardetum strictae* und das *Alchemillo-Poetum supinae* erstmals für das

Diskussion der Ergebnisse, künftige Forschung und Fazit

Untersuchungsgebiet nachgewiesen und beschrieben, sowie das Verbreitungsgebiet anderer Gesellschaften im Vergleich zur älteren Karte nach CREDNER (1995) aktualisiert werden. Auch konnten Pflanzenarten erstmals für das Zugspitzplatt nachgewiesen werden. Die Daten der Wiederaufnahmen der Dauerbeobachtungsflächen beschreiben eine teilweise deutliche Dynamik dieser Vegetation. Obwohl für einzelne Flächen Aussagen über die wahrscheinlich jeweils auslösenden Faktoren dieser Dynamik getroffen werden konnten, reicht das bisherige Datenmaterial nicht aus, um hieraus sowohl für einzelne Flächen als auch für das gesamte Untersuchungsgebiet allgemeine und vor allem längerfristige Trends und Entwicklungen identifizieren zu können, bei einem gleichzeitigen Ausschluss einmaliger, zufälliger Ereignisse, die zu einer Beeinträchtigung der Pflanzendecke einzelner Flächen führen. Für das Gesamtgebiet ist jedoch festzustellen, dass dessen Vegetationsdynamik im Wesentlichen von der jeweiligen Kombination der Faktoren Standort, Klima, Pflanzenfresser, Mensch und Zeit mit entsprechenden Interaktionen und Rückkopplungen auch von der Vegetation selbst bestimmt wird.

Die bisherige vegetationskundliche Bearbeitung des Zugspitzplatts hat somit gezeigt, dass gerade vor dem Hintergrund einer auf langfristige, in der Zukunft liegende Entwicklungen abzielenden Fragestellung ein Bearbeitungszeitraum von bisher vier Jahren als zu kurz zu erachten ist. In dieser Zeit konnte aber, wie angeführt, eine grundlegende Basis geschaffen werden, auf der die künftige notwendige weitere Beobachtung der Vegetation des Zugspitzplatts, Deutschlands höchstgelegenen und auf diese Weise in mehrerer Hinsicht herausragendem Untersuchungsgebiet, aufzubauen vermag.

9. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist im Zusammenhang mit dem am Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg im Zeitraum 2009-2013 betriebenen Teilprojekt HöhenZug entstanden, welches im Rahmen des Verbundprojekts KLIMAGRAD durchgeführt wurde.

Die Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit besteht in der flächendeckenden Erfassung der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts sowie der kartographischen Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse in der dieser Arbeit beigelegten Vegetationskarte des Zugspitzplatts im Maßstab 1: 5.000. Die Fragestellung beinhaltet weiter die Erfassung der an der Vegetationsdynamik des Untersuchungsgebiets beteiligten Faktoren mit einem besonderen Augenmerk auf klimatische sowie anthropo-zoogene Komponenten. Es soll der Versuch einer Quantifizierung ihres jeweiligen Einflusses auf die Flora und Vegetation des Untersuchungsgebiets unternommen werden.

Die oben genannte Problemstellung wird in der vorliegenden Arbeit wie nachfolgend zusammengefasst bearbeitet:

Der aktuelle Stand der Forschung wird sowohl im Zusammenhang mit diversen Themen zum Zugspitzgebiet als auch für die Erforschung der rezenten Vegetationsdynamik auf regionaler und überregionaler Ebene dargestellt.

Die bei der Erhebung, Auswertung und Interpretation der Daten angewandte Methodik wird vorgestellt und erläutert.

Das Untersuchungsgebiet wird sowohl hinsichtlich der Physiogeographie als auch in Bezug auf die Geschichte der anthropo-zoogenen Nutzung vorgestellt. Der aktuelle naturschutzrechtliche Status wird erläutert.

Die aktuelle Vegetation des Zugspitzplatts wird nach Höhenstufen und Vegetationstypen gegliedert sowie pflanzensoziologisch detailliert beschrieben. Hierbei lassen sich Krummholzgesellschaften, Zwergstrauchheiden, Rasengesellschaften sowie Schutt-Schneetälchen- und Felsspaltengesellschaften unterscheiden. Dabei wird vertiefend auf die Eigenschaften der jeweils beschriebenen Gesellschaft sowie etwaige Probleme bzw. Besonderheiten der syntaxonomischen Einordnung eingegangen. Ergänzend wird auf die vegetationslosen Bereiche des Untersuchungsgebiets, auf außerhalb der Aufnahmeflächen zusätzlich erfasste Arten sowie auf die Kryptogamenflora des Zugspitzplatts eingegangen.

Die 2010 begonnene Dauerbeobachtung der Vegetation des Zugspitzplatts auf Grundlage von 38 Dauerbeobachtungsflächen wird umfassend dargestellt. Erste Ergebnisse dieser Langzeitbeobachtung werden dargelegt und erläutert. Hierbei ist noch kein einheitlicher Entwicklungstrend der Dynamik erkennbar.

Die wesentlichen, für die rezente Vegetationsdynamik des Untersuchungsgebiets verantwortlichen Faktoren - Standort, Klima, Pflanzenfresser, Mensch und Zeit - werden

Zusammenfassung

identifiziert und beschrieben sowie deren Rolle in Bezug auf dynamische Prozesse geschildert. Die daraus resultierende große Heterogenität der Standorte und Vegetation wird entsprechend dargelegt und erläutert.

Abschließend erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung aufgetretener Schwierigkeiten, ein Ausblick auf die künftig auf dem Zugspitzplatt weiter zu betreibende Forschung auf Grundlage der Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Arbeit sowie ein Fazit.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Literatur

AG BODEN [Hrsg.] (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 5. Aufl., 438 S., Hannover.

AICHINGER, E. (1933): Vegetationskunde der Karawanken. - Pflanzensoziologie, 2: 329 S.

BLUME, P. & SUKOPP, H. (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. - Schriftenreihe Vegetationskunde 10: 75-89.

BRAUN-BLANQUET, J. (1928): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Grundzüge der Vegetationskunde. 330 S., Berlin.

BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Grundzüge der Vegetationskunde. - 2. Aufl., 631 S., Wien.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Grundzüge der Vegetationskunde. - 3. Aufl., 865 S., Wien, New York.

BRAUN-BLANQUET, J. & JENNY, H. (1926): Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. - Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 63: 183-349.

BRUNNER, K. & HORST, T.: Eine Karte des Zugspitzgebiets (18. Jh.) und die Wirrnisse um die Erstbesteigung. - Geographica Helvetica, 35: 3-7.

BURGA, C. A. (2004): Gebirgsklima. - Burga, C.A.; Klötzli, F. & Grabherr, G. [Hrsg.]: Gebirge der Erde - Landschaft, Klima, Pflanzenwelt: 22-24.

COOP, J. D. & GIVNISH, T.J. (2008): Constraints on tree seedling establishment in montane grasslands of the Valles Caldera, New Mexico. - Ecology, 84(4): 1101-1111.

CRAWFORD, R.M.M. (2008): Plants at the margin - Ecological limits and climate change. 478 S.

CREDNER, B. (1995): Vegetations- und Bodenentwicklung im Bereich des Zugspitzplatts (Wettersteingebirge). Unveröffentlichte Diplomarbeit, LMU München, 101 S.

CREDNER, B.; HÜTTL, C. & RÖGNER, K. (1998): The formation and distribution of soils und vegetation at the Zugspitzplatt (Bavaria, Germany) related to climate, aspect and geomorphology. - Ecologie, 29 (1-2): 63-65.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. 683 S., Stuttgart.

DIN 18129 (2011): Kalkgehaltsbestimmung.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- DIN 19683-1 (1973): Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung durch Siebung.
- DIN 19683-2 (1973): Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat.
- DIN 19684-3 (2000): Bestimmung des Glühverlusts und des Glührückstands.
- DIN 52098 (2006): Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung.
- DIN 66115 (1983): Partikelgrößenanalyse; Sedimentationsanalyse im Schwerfeld; Pipette-Verfahren.
- DIN ISO 10390 (2005): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes.
- DIN ISO 10693 (1997): Bestimmung des Carbonatgehaltes - Volumetrisches Verfahren.
- DÜRING, C. & WIERER, U. (1995): Die subalpine und alpine Vegetation der Soierngruppe im Naturschutzgebiet Karwendelgebirge. - *Hoppea*, 56: 343-452.
- DIRNBÖCK, T. & GREIMLER, J. (1997): Subalpin-alpine Vegetationskartierung der Raxalpe, nordöstliche Kalkalpen Vegetationskarte 1:12.500. - *Linzer biologische Beiträge*, 29/1: 299-339.
- DULLINGER, S., DIRNBÖCK, T. & GRABHERR, G. (2003): Patterns of Shrub Invasion into High Mountain Grasslands of the Northern Calcareous Alps, Austria. - *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35/4: 434-441.
- EGGENBERG, S. & MÖHL, A. (2009): *Flora Vegetativa - Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand*. -2. Aufl., 680 S., Bern.
- EGGENSBERGER, P. (1993): *Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen*. Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin, Universität Regensburg, 232 S., Regensburg.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. -5. Aufl., 1095 S., Stuttgart.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. - *Scripta Geobotanica* 18: -3. Aufl., 262 S., Göttingen.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. -6. Aufl., 1333 S., Stuttgart.
- ELLMAUER, T. & MUCINA, L. (1993): *Molinio-Arrhenatheretea*. - MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. [Hrsg.] (1993): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I: Anthropogene Vegetation*: 297-401.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- ENGLISCH, T., VALAHOVIČ, M., MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (1993): *Thlaspietea rotundifolii*. - GRABHERR, G. & MUCINA, L. [Hrsg.] (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation: 276-346.
- ERSCHBAMER, B., MALLAUN, M. & UNTERLUGGAUER, P. (2003): Die Dolomiten -hot spots der Artenvielfalt. - *Gredleriana*, 2003/3: 361-376.
- ERSCHBAMER, B., MALLAUN, M. & UNTERLUGGAUER, P. (2006): Plant diversity along altitudinal gradients in the Southern and Central Alps of South Tyrol and Trentino (Italy). - *Gredleriana*, 2006/6: 47-68.
- ERSCHBAMER, B., MALLAUN, M., KIEBACHER, T. & UNTERLUGGAUER, P. (2006): Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. - *Plant Ecology*, 202: 79-89.
- EUSTERHUES, K., LECHTERBECK, J., SCHNEIDER, J. & WOLF-BROZIOC, U. (2002): Late- and Post-Glacial evolution of Lake Steisslingen (I). Sedimentary history, palynological record and inorganic geochemical indicators. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 187: 341-371.
- FINSTERWALDER, R. (1951): Die Gletscher der Bayerischen Alpen. - *Jahrbuch des Deutschen Alpenvereins* 1951, Überbrückungsband der Alpenvereinszeitschrift 1943-1951: 60-66.
- FINSTERWALDER, R. (1981): Zur Höhenwanderung der Zugspitzgletscher. - *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München*, 66: 25-30.
- FISCHER, A. & KLOTZ, S. (1999): Zusammenstellung von Begriffen, die in der Vegetations-Dauerbeobachtung eine zentrale Rolle spielen. - *Tuexenia*, 19: 3-11.
- FRAHM, H. P. (1998): *Moose als Bioindikatoren*. 187 S., Wiesbaden.
- FRANKL, R. (2001): Die Bergkiefer (*Pinus mugo* Turra) in den Tannheimer Bergen - Ein Beitrag zur Kenntnis nordalpiner Latschengebüsche. - *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft*, 71: 123-158.
- GOTTFRIED, M., PAULI, H., HOHENWALLNER, D., REITER K. & GRABHERR, G. (2002): GLORIA - The Global Observation Research Initiative in Alpine Environments: Wo stehen wir? - *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 146: 70-71.
- GRABHERR, G. (1993): *Caricetea curvulae*. - GRABHERR, G. & MUCINA, L. [Hrsg.] (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation: 343-372.
- GRABHERR, G. (2009): *The Biology of Alpine Habitats*. 376 S., Oxford.
- GRABHERR, G. & MUCINA, L. [Hrsg.] (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation. 523 S., Jena.
- GRABHERR, G., GREIMLER, J. & MUCINA, L. (1993): *Seslerietea albicantis*. - GRABHERR, G. & MUCINA, L. [Hrsg.] (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation: 402-446.

GRABHERR, G., GOTTFRIED, M. & PAULI, H. (2000): GLORIA: A Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. - *Mountain Research and Development*, 20/2: 190-191.

GRABHERR, G., GOTTFRIED, M. & PAULI, H. (2010): Climate Change Impacts in Alpine Environments. - *Geography Compass* 4/8: 1133-1153.

GRABNER, S. (1997): Seslerio-Caricetum sempervirentis and Caricetum ferrugineae in the Northern Calcareous Alps. - *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 32: 297-311.

GRASHEY-JANSEN, S. & SEIPP, C. (2012): Azonale Boden- und Vegetationsformationen in der subalpinen und alpinen Stufe des Zugspitzplatts. - *UFS - Wissenschaftliche Resultate 2011/2012*, 41-43.

GRÜGER, E. & JERZ, H. (2010): Untersuchung einer Doline auf dem Zugspitzplatt - Ein palynologischer Beitrag zur holozänen Gletschergeschichte im Wettersteingebirge. - *E&G Quaternary Science Journal*, 59: 66-75.

GRÜNINGER, F. (2011): Keine Landschaftseinheiten ohne Grenzen! - *Geographische Rundschau* 9/2011: 4-11.

GÜMBEL, C.W. (1861): Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. 950 S., Gotha.

GÜNTHER, R. (1982): Möglichkeiten zur Berechnung des Massenhaushaltes am Beispiel mittel- und nordeuropäischer Gletscher und deren Verhalten 1949/50-1978/79. - Dissertation, Universität Bonn, 214 S.

HAGG, W., MAYER, C., MAYR, E. & HEILIG, A. (2012): Climate and glacier fluctuations in the Bavarian Alps in the last 120 years. - *Erdkunde*, 66: 121-142.

HAMMER, Ø. (2013): Paleontological Statistics - Version 3.0 - Reference manual. 221 S., Oslo.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. - *Paleontologica Electronica*, 4: 9 S.

HAUPT, W. (1985): Die aktuelle Vegetation der östlichen Lechtaler Alpen: II. Strauch-, Fels-, Schutt-, Schneeboden- und Feuchtbiotopgesellschaften. - *Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum*, 65: 13-57.

HERTER, W. (1990): Zur aktuellen Vegetation der Allgäuer Alpen - Die Pflanzengesellschaften des Hintersteiner Tales.- *Dissertationes Botanicae*, 147: 124 S.

HILL, M.O. & GAUCH, H.G. (1980): Detrended Correspondence Analysis: An Improved Ordination Technique. - *Vegetatio*, 42: 47-58.

HIRTLEITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung. - *Münchner Geographische Abhandlungen*, Bd. 15: 153 S.

HUEBLER, K., GOTTFRIED, M., PAULI, H., REITER, K., WINKLER, M. GRABHERR, G. (2006): Phenological Responses of Snowbed Species to Snow Removal Dates in the Central Alps: Implications for Climate Warming. - *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 38/1: 99-103.

HÜTTL, C. (1999): Steuerungsfaktoren und Quantifizierung der chemischen Verwitterung auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge, Deutschland). - *Münchner Geographische Abhandlungen*, Bd. 30: 171 S.

JENNY-LIPS, H. (1930): Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felsschutt. - *Beihefte zum Botanischen Centralblatt*, 46: 119-296.

KANKA, R., KOLLÁR, J. & BARANČOK, P. (2005): Monitoring of climatic change impacts on Alpine Vegetation in the Tatry Mts - First Approach. - *Ekológia (Bratislava)*, 24: 411-418.

KAZAKIS, G., GHOSH, D., VOGIATZAKIS, I. N. & PAPANASTASIS, V. P. (2006): Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. - *Biodiversity and Conservation*, 16: 1603-1615.

KARNER, L. & MUCINA, L. (1993): *Mulgedio-Aconicetea*. - GRABHERR, G. & MUCINA, L. [Hrsg.] (1993): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation*: 468-505.

KELLY, A. E. & GOULDEN, M. L. (2008): Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. - *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 11823-11826.

KIRCHNER, M., FAUS-KESSLER, T., JAKOBI, G., LEUCHNER, M., RIES, L., SCHEEL, H.-E. & SUPPAN, P. (2013): Altitudinal temperature lapse rates in an Alpine valley: trends and the influence of season and weather patterns. - *International Journal of Climatology*, 33: 539-555.

KNAPP, R. (1962): *Die Vegetation des kleinen Walsertals, Vorarlberg, Nordalpen*. - *Geobotanische Mitteilungen*, 12: 1-53.

KILIAN, N. (2011): *Kartierung und Erfassung der Flechten und Moose des Zugspitzplatts*. Unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Universität Augsburg, 75 S.

KOHLSTOCK, P. (2010): *Kartographie*. -2. Aufl., 229 S., Paderborn.

KORCH, O. & FRIEDMANN, A. (2012): Phytodiversität und Dynamik der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts. - *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* 76/77: 217-234.

KORCH, O., FRIEDMANN, A., GRASHEY-JANSEN, S. & SEIPP, C. (2013): Vegetation und Böden oberhalb der Waldgrenze des Zugspitzplatts. - *Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 3: 36-38.

KÖRNER, C. (2003): *Alpine Plant Life*. -2. Aufl., 344 S., Berlin.

Literatur- und Quellenverzeichnis

KUDERNATSCH, T. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf die alpinen Pflanzengemeinschaften im Nationalpark Berchtesgaden. - Forschungsbericht des Nationalparks Berchtesgaden, 52: 101 S.

KÜFMANN, C. (2003a): Erste Ergebnisse zur qualitativen Untersuchung und Quantifizierung rezenter Flugstäube in den Nördlichen Kalkalpen (Wettersteingebirge). - Mitteilungen der geographischen Gesellschaft München, 86: 59-84.

KÜFMANN, C. (2003b): Soil types and eolian dust in high-mountainous karst of the Northern Calcareous Alps (Zugspitzplatt, Wetterstein Mountains, Germany). - Catena, 53: 211-227.

KÜFMANN, C. (2006): Quantifizierung und klimatische Steuerung von rezenten Flugstaubeinträgen auf Schneeoberflächen in den Nördlichen Kalkalpen (Wetterstein-, Karwendelgebirge, Berchtesgadener Alpen, Deutschland). - Zeitschrift für Geomorphologie, 50 (2): 245-268.

KÜFMANN, C. (2008): Flugstaubeintrag und Bodenbildung im Karst der Nördlichen Kalkalpen. - Forschungsberichte des Nationalparks Berchtesgaden, Bd. 54: 159 S.

LAUBER, K., WAGNER, G. & GYGAX, A. (2012): Flora Helvetica. -5. Aufl., 1656 S., Bern.

LEYER, I. & WESCHE, K. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. - korr. Nachdruck 2008, 221 S., Berlin.

LICHTENECKER, N. (1925): Das Bewegungsbild der Ostalpen. - Die Naturwissenschaften, 35: 739-743.

LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. - Sonderdruck aus den Berichten der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, XXXIX, 122 S.

LONDO, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. - Sukzessionsforschung. Berichte des Internationalen Symposiums der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde Rinteln 1973: 613-617.

MICHELSSEN, O., HOLTEN, J. I. & SYVERHUSET, O. A. (2009): Kartlegging av fjellflora for å studere effekter av klimaendringer - foreløpige resultat - er fra en undersøkelse på Dovrefjell. - Blyttia Norges Botaniske Annaler, 67: 50-57.

MIEHE, G., BURGA, C.A. & KLÖTZLI, F. (2004): Vegetationshöhenstufen der Gebirge im globalen Vergleich. - Burga, C.A.; Klötzli, F. & Grabherr, G. [Hrsg.]: Gebirge der Erde - Landschaft, Klima, Pflanzenwelt: 31-44.

MILLER, H. (1962): Zur Geologie des westlichen Wetterstein- und Mieminger Gebirges (Tirol). Dissertation, Naturwiss. Fakultät, LMU München, 118 S.

Literatur- und Quellenverzeichnis

MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. [Hrsg.] (1993a): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I: Anthropogene Vegetation. 578 S., Jena.

MUCINA, L., GRABHERR, G. & WALLNÖFER, S. [Hrsg.] (1993b): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: Wälder und Gebüsche. 353 S., Jena.

NAUS, J. (1826): Positionsblatt: Zug-Spitz 1: 25.000

OBERDORFER, E. (1950): Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, 9: 29-98.

OBERDORFER, E. (1973a): *Salicetea herbaceae* Br. -Bl. et al. 47. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1998): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs-, und Moorgesellschaften. -4. Aufl.: 214-220.

OBERDORFER, E. (1973b): *Betulo-Adenostyletea* BR. -BL. ET TX. 43. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. -3. Aufl.: 328-341.

OBERDORFER, E. (1974/1976a): *Seslerietea variaea* clas. nov. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. -3. Aufl.: 194-203.

OBERDORFER, E. (1974/1976b): *Nardo-Callunetea* Prsg. 49 - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. -3. Aufl.: 208-248.

OBERDORFER, E. (1976): *Plantaginetea majoris* Tx. et Prsg. in Tx. 50 em. Oberd. et al. 67 - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. -3. Aufl.: 300-315.

OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil IV: Wälder und Gebüsche - Textband. -2. Aufl., 282 S., Jena.

OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil IV: Wälder und Gebüsche - Tabellenband. -2. Aufl., 580 S., Jena.

OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. -3. Aufl., 355 S., Jena.

OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. -3. Aufl., 455 S., Jena.

Literatur- und Quellenverzeichnis

OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1998): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs-, und Moorgesellschaften. -4. Aufl., 314 S., Jena.

OZENDA, P. (1988): Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. 353 S., Stuttgart.

PAULI, H., GOTTFRIED, M. & GRABHERR, G. (1996): Effects of climate change on mountain ecosystems - upward shifting of alpine plants. - World Resource Review, 8/3: 382-390.

PAULI, H., GOTTFRIED, M. & GRABHERR, G. (2001): High summits of the Alps in a changing climate. - WALTHER et al. [Hrsg.] (2001): "Fingerprints" of climate change: 139-149.

PAULI, H., GOTTFRIED, M., DIRNBÖCK, T., DULLINGER, S & GRABHERR, G. (2003a): Assessing the Long-Term Dynamics of endemic Plants at summit Habitats. - Ecological Studies, 196: 195-207.

PAULI, H., GOTTFRIED, M. & GRABHERR, G. (2003b): The Piz Linard (3411 m), the Grisons, Switzerland - Europe's Oldest Mountain Vegetation Study Site. - Ecological Studies, 196: 443-448.

PAULI, H., GOTTFRIED, M., HOHENWALLNER, D., REITER, K., CASALE, R. & GRABHERR, G. [Hrsg.] (2004): The GLORIA Field Manual Multi-Summit Approach. 85 S., Luxembourg.

PAULI, H., GOTTFRIED, M., REITER, K., KLETTNER, C. & GRABHERR, G. (2007): Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. - Global Change Biology, 13: 147-156.

PAULI, H., GOTTFRIED, M., DULLINGER, S., ABDALADZE, O., AKHALKATSI, M., ALONSO, J. L. B., COLDEA, G., DICK, J., ERSCHBAMER, B., FERNÁNDEZ CALZADO, R., GHOSH, D., HOLTEN, J. I., KANKA, R., KAZAKIS, G., KOLLÁR, J., LARSSON, P., MOISEEV, P., MOISEEV, D., MOLAU, U., MOLERO MESA, J., NAGY, L., PELINO, G., PUŞÇAŞ, M., ROSSI, G., STANISCI, A., SYVERHUSE, A. O., THEURILLAT, J.-P., TOMASELLI, M., UNTERLUGGAUER, P., VILLAR, L., VITTOZ, P. & GRABHERR, G. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. - Science, 336: 353-356.

PEDROTTI, F. (2013): Plant and Vegetation Mapping. 294 S., Berlin.

PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie - Ein Skriptum. -2. Aufl., 448 S., Eching.

PILS, G. (1994): Die Wiesen Oberösterreichs. 355 S., Linz.

PICKERING, C., HILL, W., & GREEN, K. (2007): Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. - Biodiversity and Conservation, 17: 1627-1644.

POELT, J. (1955): Die Gipfelvegetation und -flora des Wettersteingebirges. - Feddes Repertorium, 58: 157- 179.

POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - 2. Aufl., 622 S., Stuttgart.

Literatur- und Quellenverzeichnis

RAPPL, A., WETZEL K.-F., BÜTTNER, G. & SCHOLZ, M. (2010): Tracerhydrologische Untersuchungen am Partnach-Ursprung. - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 54: 222-230.

REHDER, H. (1970): Zur Ökologie insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge).
- Dissertationes Botanicae, 6: 90 S.

REICHELT, G. & WILMANNS, O. (1973): Praktische Arbeitsweisen Vegetationsgeographie. Das geographische Seminar. 210 S., Braunschweig.

REIS, O. M. (1911): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges.
- Geognostisches Jahrestreffen 23 (1910): 61-114.

REISIGL, H. & KELLER, R. (1987): Alpenpflanzen im Lebensraum: Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation. 149 S., Stuttgart.

REISIGL, H. & KELLER, R. (1989): Lebensraum Bergwald: Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide. 144 S., Stuttgart.

RENNWALD, E. (2000 Bearb.): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. - Schriftenreihe für Vegetationskunde 35: 800 S.

RÖSLER, S. (1997): Die Rasengesellschaften der Klasse Seslerietea in den Bayer. Alpen und ihre Verzahnung mit dem Carlino-Caricetum sempervirentis (Klasse Festuco-Brometea).
- Hoppea, 58: 5 -215.

ROTHMALER, W. (2000) : Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3 Gefäßpflanzen: Atlasband.
-10. Aufl., 753 S., Heidelberg.

SAITNER, A. & PFADENHAUER J. (1992): Die Vegetation im Bereich des Dammkars bei Mittelwald und ihre Beeinflussung durch den Tourismus. - Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 57: 11-89.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. -16. Aufl., 569 S., Heidelberg.

SCHMEIL, O. & FITSCHEN, J. (2000): Flora von Deutschland und angrenzender Länder. -91. Aufl., 864 S. Wiebelsheim.

SCHWAIGER, H. (1901): Führer durch das Wettersteingebirge. - 2. Aufl., 239 S., München.

SEIBERT, P. (1974): Klasse Thlaspietea rotundifolii Br. -Bl. et al. 40. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1998): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs-, und Moorgesellschaften. -4. Aufl.: 42-66.

SEIBERT, P. (1992a): Klasse Erico-Pinetes Horvat 59. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil IV: Wälder und Gebüsche - Textband. -2. Aufl.: 42-52.

SEIBERT, P. (1992b): Klasse Vaccinio-Piceetea Br. -Bl. In Br. -Bl. Et al. 39. - OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. -Teil IV: Wälder und Gebüsche - Textband. -2. Aufl.: 53-80.

SINGH, P & SINGH, V. (2001): Snow and Glacier Hydrology. 742 S., Dordrecht.

SÖYRINKI, N. (1954): Vermehrungsökologische Studien in der Pflanzenwelt der Bayerischen Alpen. - 1. spezieller Teil. Die Pflanzengesellschaften und Samenpflanzen der alpinen Stufe des Schachengebietes und ihre Vermehrungsverhältnisse. - Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae „Vanamo“ 27: 232 S.

STÖRCHEL, V. (2011): Die subalpine Krummholzstufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge) und ihre Dynamik. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Augsburg, 125 S.

THEURILLAT, J.P. & GUIBAN, A. (2001): Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. - Climatic Change 50: 77-109.

UHLIG, H. (1954): Die Altformen des Wettersteingebirges mit Vergleichen in den Allgäuer und Lechtaler Alpen.- Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 79: 103 S.

VITTOZ, P., RANDIN, C., DUTOIT, A., BONNET, F. & HEGG, O. (2009): Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. - Global Change Biology 15: 209-220.

WALLNÖFER, S. (1993): Erico pinetea. - MUCINA, L., GRABHERR, G. & WALLNÖFER, S. [Hrsg.] (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: Wälder und Gebüsche: 245-285.

WALTER, H. & LIETH, H. (1967): Klimadiagramm-Weltatlas, Jena.

WEBER, J. (1981): Die Vegetation der Mieminger Kette mit besonderer Berücksichtigung der Rotföhrenwälder (Grundlagen für die Raumplanung). Dissertation, Universität Innsbruck, 403 S., Innsbruck.

WEBER, K. (1999): Vegetations- und Klimageschichte im Werdenfelser Land. - Augsburger Geographische Hefte, Bd. 13: 127 S.

WETZEL, K.-F. (2004a): On the hydrology of the Partnach area in the Wetterstein Mountains (Bavarian Alps) - Erdkunde, 58: 172-186.

WETZEL, K.-F. (2004b): Hydrology of an alpine karst area - the example of the Partnach spring (Upper Bavaria) - Landschaftsökologie und Umweltforschung, 47: 429-434.

WETZEL, K.-F. (2005): Discharge analysis of an alpine karst spring - the example of the Partnach spring (Bavarian Alps). - Landschaftsökologie und Umweltforschung, 48, Proceedings of the International Conference on Mountain Hydrology in Berchtesgaden (Sept. 2004): 91-98.

WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. 765 S., Stuttgart.

ZEPP, H. (2011): Geomorphologie. - 5. Aufl., 385 S., Paderborn.

ZÖTTL, H. (1950): Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Dissertation, Naturwiss. Fakultät, LMU München, 201 S.

ZÖTTL, H. (1951): Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. - Jahrbuch Ver. z. Schutz d. Alpenpfl. u. -Tiere, 16: 10-74.

Internetquellen

ABK (2011): Biotopkartierung - Alpen. URL: <http://www.lfu.bayern.de>.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE (2013): Landesentwicklungsprogramm Bayern. URL: <http://www.landesentwicklung.bayern.de>.

BOTANISCHER INFORMATIONSKNOTEN BAYERN (2013). URL: <http://www.bayernflora.de>.

BZB (2013): Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG. URL: <http://www.zugspitze.de>.

DEUTSCHER ALPENVEREIN MÜNCHEN & OBERLAND (2013): Knorrhütte, 2051 m, Wettersteingebirge. URL: <http://www.davplus.de>.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2013): Weather Request and Distribution System. URL: <https://werdis.dwd.de>.

IPPC (2013): Intergovernmental Panel on climate Change. URL: <http://www.ipcc.ch>.

MÜNCHENER HAUS (2013): Unsere Geschichte. URL: <http://muenchnerhaus.wachterhaus.com>.

TZB (2013): Tiroler Zugspitzbahn. URL: <http://www.zugspitze.at>.

UFS (2013): Geschichte des Schneesenerhauses. URL: <http://www.schneesenerhaus.de>.

UNTERNEHMENSREGISTER (2013): Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn Aktiengesellschaft Garmisch-Partenkirchen - Jahresabschluss zum Geschäftsjahr vom 01.11.2010 bis zum 31.10.2011. URL: <https://www.unternehmensregister.de>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2013): Climate Normals. URL: <http://www.wmo.int>.

Artenliste mit Ellenberg-Zeigerwerten

Artenliste zur Flora des Zugspitzplatts mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (2001) und BOTANISCHER INFORMATIONSKNOTEN BAYERN (2013). Enthalten sind die Daten der Vegetationsaufnahme, des bisherigen Dauermonitorings sowie Einzelfunde.							
Art (wiss. Name)	Lichtzahl (L)	Temperaturzahl (T)	Kontinentalitäts- zahl (K)	Feuchtezahl (F)	Reaktionszahl (R)	Stickstoffzahl (N)	Salzzahl (S)
<i>Achillea atrata</i>	9	2	4	5	8	3	0
<i>Achillea millefolium</i>	8	x	x	4	x	5	1
<i>Acinos alpinus</i>	9	3	3	5	9	2	0
<i>Adenostyles alliariae</i>	6	3	2	6	x	8	0
<i>Agrostis alpina</i>	8	2	3	5	6	4	0
<i>Agrostis rupestris</i>	8	2	2	4	2	1	0
<i>Alchemilla decumbens</i>	7	2	?	6	x	?	0
<i>Alchemilla hoppeana</i>	9	2	4	5	9	3	0
<i>Androsace chamaejasme</i>	9	2	6	5	9	2	0
<i>Antennaria dioica</i>	8	x	x	4	3	2	0
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	7	3	?	6	2	2	0
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>alpestris</i>	8	2	4	4	8	2	0
<i>Arabis alpina</i>	7	3	3	5	9	3	0
<i>Arabis bellidifolia</i>	9	2	4	x	9	2	0
<i>Arabis caerulea</i>	8	2	4	7	9	4	0
<i>Arabis ciliata</i>	9	2	4	5	9	3	0
<i>Asplenium viride</i>	4	4	3	6	8	?	0
<i>Aster bellidiastrium</i>	7	3	4	5	8	4	0
<i>Bartsia alpina</i>	8	3	3	8w	7	3	0
<i>Bellis perennis</i>	8	x	2	5	x	6	0
<i>Biscutella laevigata</i>	8	x	4	x	7	2	0
<i>Bistorta vivipara</i>	7	2	x	5w	4	2	0
<i>Botrychium lunaria</i>	8	x	3	4	x	2	0
<i>Campanula cochleariifolia</i>	8	2	4	7	x	3	0
<i>Campanula scheuchzeri</i>	8	2	4	5	x	3	0
<i>Carduus defloratus</i>	7	x	4	4w	8	4	0
<i>Carex capillaris</i>	8	1	?	8	8	2	0
<i>Carex ericetorum</i>	5	5	7	4	x	2	0
<i>Carex ferruginea</i>	8	2	4	5	8	4	0
<i>Carex firma</i>	9	2	4	4	9	2	0
<i>Carex ornithopodioides</i>	8	1	?	6	9	3	0
<i>Carex parviflora</i>	9	2	3	7	8	4	0
<i>Carex sempervirens</i>	7	x	4	2	7	3	0
<i>Cerastium fontanum</i>	6	3	4	5	5	5	0
<i>Cerastium latifolium</i>	9	1	4	5	9	3	0
<i>Chamorchis alpina</i>	9	2	2	4	9	2	0
<i>Cirsium spinosissimum</i>	7	2	5	6	7	8	0
<i>Crepis aurea</i>	8	2	4	5	5	7	0
<i>Crepis jacquinii</i> subsp. <i>kernerii</i>	9	2	4	5	9	3	0
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	4	4	5	8u	7	5	0
<i>Cystopteris alpina</i>	6	3	3	7	8	3	0
<i>Daphne striata</i>	7	3	4	4	8	2	0
<i>Deschampsia cespitosa</i>	6	x	x	7w	x	3	0
<i>Doronicum grandiflorum</i>	8	2	4	5	9	3	0
<i>Draba aizoides</i>	8	x	4	3	9	1	0
<i>Draba tomentosa</i>	9	1	4	2	9	2	0
<i>Dryas octopetala</i>	9	2	7	4	8	4	0
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	8	3	x	6	4	2	0
<i>Epilobium anagallidifolium</i>	8	2	3	7	5	4	0
<i>Erica carnea</i>	7	x	3	3	x	2	0
<i>Erigeron uniflorus</i>	9	1	6	5	5	2	0
<i>Euphrasia minima</i>	7	2	x	5	2	3	0
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	7	3	2	5	8	4	0
<i>Festuca alpina</i>	8	1	2	3	9	1	0
<i>Festuca quadriflora</i>	8	2	3	5w	6	4	0
<i>Festuca rupicaprina</i>	8	1	4	5	8	2	0
<i>Festuca violacea</i>	8	2	4	5	7	6	0
<i>Galium anisophyllum</i>	9	2	4	5	8	3	0
<i>Galium megalospermum</i>	8	2	4	5	9	3	0
<i>Gentiana bavarica</i>	8	2	4	6	8	2	0
<i>Gentiana clusii</i>	9	3	4	5	9	3	0
<i>Gentiana nivalis</i>	9	1	2	5	7	3	0
<i>Gentiana verna</i>	8	x	4	4	7	2	0
<i>Gentianella aspera</i>	8	3	4	4	9	2	0
<i>Globularia cordifolia</i>	9	3	4	4	9	2	0
<i>Globularia nudicaulis</i>	7	2	2	4	8	3	0
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	8	2	4	7	8	4	0
<i>Gypsophila repens</i>	9	x	4	5u	9	2	0
<i>Helianthemum alpestre</i>	9	2	4	4	9	2	0
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	7	3	4	4	8	3	0
<i>Hieracium pilosum</i>	9	2	4	5	9	2	0
<i>Hippocrepis comosa</i>	7	5	2	3	7	2	0
<i>Homogyne alpina</i>	6	4	2	6	4	2	0
<i>Huperzia selago</i>	4	3	3	6	3	5	0
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i>	9	2	7	4	7	2	0
<i>Leontodon helveticus</i>	8	3	4	5	3	2	0

Artenliste mit Ellenberg-Zeigerwerten

Artenliste zur Flora des Zugspitzplatts mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (2001) und BOTANISCHER INFORMATIONSKNOTEN BAYERN (2013). Enthalten sind die Daten der Vegetationsaufnahme, des bisherigen Dauermonitorings sowie Einzelfunde.							
Art (wiss. Name)	Lichtzahl (L)	Temperaturzahl (T)	Kontinentalitäts- zahl (K)	Feuchtezahl (F)	Reaktionszahl (R)	Stickstoffzahl (N)	Salzzahl (S)
<i>Leontodon hispidus</i>	8	x	3	5	7	6	0
<i>Leontodon incanus</i>	7	x	4	3	9	2	0
<i>Leontodon montanus</i>	8	2	4	5	9	3	0
<i>Ligusticum mutellina</i>	7	2	4	6	5	4	0
<i>Linaria alpina</i>	9	3	4	4	8	2	0
<i>Linum catharticum</i>	7	x	3	x	7	2	1
<i>Loiseleuria procumbens</i>	9	2	3	5	3	1	0
<i>Lotus corniculatus</i>	7	x	3	4	7	3	0
<i>Luzula alpina</i>	7	x	3	4	3	2	0
<i>Luzula multiflora</i>	7	x	4	5w	5	3	0
<i>Lycopodium annotinum</i>	3	4	3	6	3	3	0
<i>Minuartia sedoides</i>	9	1	2	4	4	1	0
<i>Minuartia verna subsp. gerardii</i>	9	2	7	5	7	2	0
<i>Moehringia ciliata</i>	9	2	4	5	7	2	0
<i>Myosotis alpestris</i>	8	2	4	5	9	4	0
<i>Nardus stricta</i>	8	x	3	xw	2	2	0
<i>Nigritella nigra</i>	8	2	4	4	6	2	0
<i>Papaver sendtneri</i>	9	1	4	5	9	2	0
<i>Parnassia palustris</i>	8	x	x	8w	7	2	0
<i>Pedicularis rostratocapitata</i>	8	2	4	5	9	3	0
<i>Petrocallis pyrenaica</i>	9	3	4	5	9	3	0
<i>Phyteuma orbiculare</i>	8	3	4	5	8	3	0
<i>Picea abies</i>	5	3	6	x	x	x	0
<i>Pinguicula alpina</i>	9	3	5	x	8	2	0
<i>Pinus mugo</i>	8	3	3	x	x	3	0
<i>Plantago media</i>	7	x	7	4	7	3	0
<i>Poa alpina</i>	7	3	5	5	x	7	0
<i>Poa cenisia</i>	8	2	2	5	8	3	0
<i>Poa minor</i>	8	2	2	5	8	3	0
<i>Poa supina</i>	8	3	4	5	7	7	0
<i>Polygala alpestris</i>	8	2	4	4	7	2	0
<i>Polygala chamaebuxus</i>	6	4	4	3w	8	2	0
<i>Polystichum lonchitis</i>	6	4	3	5	8	3	0
<i>Potentilla aurea</i>	8	3	4	4	3	2	0
<i>Potentilla brauneana</i>	7	2	2	7	9	5	0
<i>Primula auricula</i>	8	3	4	x	8	2	0
<i>Primula farinosa</i>	8	x	4	8w	9	2	0
<i>Pritzelago alpina</i>	8	2	2	5	9	2	0
<i>Ranunculus alpestris</i>	9	2	x	7	8	4	0
<i>Ranunculus montanus</i>	6	2	4	5	8	6	0
<i>Rhinanthus glacialis</i>	4	3	4	5	4	2	0
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	7	3	4	6	2	2	0
<i>Rhododendron hirsutum</i>	7	3	4	4	7	3	0
<i>Rumex scutatus</i>	8	x	2	4	7	3	0
<i>Sagina saginoides</i>	7	3	3	6w	5	4	0
<i>Salix glabra</i>	6	3	4	7	8	4	0
<i>Salix herbacea</i>	7	2	3	7	3	4	0
<i>Salix retusa</i>	7	2	4	6	8	4	0
<i>Salix serpyllifolia</i>	7	2	4	4	9	2	0
<i>Salix waldsteiniana</i>	7	3	4	6w	8	5	0
<i>Saxifraga aizoides</i>	9	3	3	9u	8	3	0
<i>Saxifraga androsacea</i>	7	2	5	7	8	4	0
<i>Saxifraga aphylla</i>	9	1	4	5	9	3	0
<i>Saxifraga caesia</i>	8	2	4	3	9	2	0
<i>Saxifraga moschata</i>	8	1	5	4	8	3	0
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	8	2	3	5	8	2	0
<i>Saxifraga paniculata</i>	7	3	3	3	8	2	0
<i>Saxifraga rotundifolia</i>	5	3	4	6	8	6	0
<i>Saxifraga stellaris</i>	8	3	2	9u	5	?	0
<i>Scabiosa lucida</i>	9	3	4	4	8	3	0
<i>Sedum atratum</i>	9	2	2	5	8	?	0
<i>Selaginella selaginoides</i>	8	3	3	7	7	3	0
<i>Sesleria albicans</i>	7	3	2	4	9	3	0
<i>Sibbaldia procumbens</i>	7	2	3	7	2	4	0
<i>Silene acaulis</i>	9	1	3	4	8	1	0
<i>Silene vulgaris subsp. Alpina</i>	9	2	?	5	8	2	0
<i>Soldanella alpina</i>	7	2	4	7	8	x	0
<i>Solidago virgaurea subsp. alpestris</i>	5	3	x	5	2	3	0
<i>Taraxacum alpinum</i>	8	2	4	6	8	6	0
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	9	2	4	5	9	3	0
<i>Thymus praecox subsp. polytrichus</i>	8	3	5	4	8	1	0
<i>Tofieldia calyculata</i>	8	x	4	8	8	2	0
<i>Trifolium pratense</i>	7	x	3	x	x	x	0
<i>Trifolium repens</i>	8	x	x	5	6	6	1
<i>Trifolium thalii</i>	7	2	2	5	8	x	0
<i>Urtica dioica</i>	x	x	x	6	7	8	0

Artenliste mit Ellenberg-Zeigerwerten

Artenliste zur Flora des Zugspitzplatts mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (2001) und BOTANISCHER INFORMATIONSKNOTEN BAYERN (2013). Enthalten sind die Daten der Vegetationsaufnahme, des bisherigen Dauermonitorings sowie Einzelfunde.							
Art (wiss. Name)	Lichtzahl (L)	Temperaturzahl (T)	Kontinentalitäts- zahl (K)	Feuchtezahl (F)	Reaktionszahl (R)	Stickstoffzahl (N)	Salzzahl (S)
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	8	3	4	5	3	2	0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	5	x	5	x	2	3	0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5	x	5	4w	2	1	0
<i>Valeriana montana</i>	8	2	2	5	9	2	0
<i>Valeriana saxatilis</i>	8	2	4	4	9	2	0
<i>Valeriana supina</i>	8	1	4	5	9	?	0
<i>Veronica alpina</i>	7	2	2	6	x	3	0
<i>Veronica aphylla</i>	8	2	4	5	8	2	0
<i>Veronica chamaedrys</i>	6	x	x	5	x	x	0
<i>Viola biflora</i>	4	3	4	6	7	6	0

Erklärung

Ich versichere, dass ich der selbständige Verfasser der vorliegenden Arbeit bin, andere als die von mir angeführten Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus anderen Schriftwerken wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

(Oliver Korch)

Lebenslauf des Verfassers

Name: Oliver Maximilian Korch
Geburtsdatum: 09. August 1978
Geburtsort: München

Wissenschaftliche Ausbildung/ Tätigkeiten

seit 10.2009	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg
10.2009-01.2013	Projekt: „Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)“ (HöhenZug) als Teil des Verbundprojekts KLIMAGRAD.
10.2008-09.2009	Lehrbeauftragter und geprüfte Hilfskraft, Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg
04.2008-09.2008	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden der Universität Augsburg
2002-2007	Studium Diplomgeographie, Universität Augsburg -Akademischer Grad: Diplom-Geograph Univ.

Publikationen

KORCH, O. FRIEDMANN, A., GRASHEY-JANSEN, S. & SEIPP, C. (2013): Vegetation und Böden oberhalb der Waldgrenze des Zugspitzplatts.
-In: Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge, 3: 36-38.

KORCH, O. & FRIEDMANN, A. (2012): Aktueller Stand und Ergebnisse der vegetationskundlichen Untersuchungen auf dem Zugspitzplatt. In: UFS - Wissenschaftliche Resultate 2011/12, 11-12.

KORCH, O. & FRIEDMANN, A. (2012): Phytodiversität und Dynamik der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 2011/12, 217-234.

KORCH, O. & FRIEDMANN, A. (2012): HöhenZug: Current status and results of investigations on the vegetation of the Zugspitzplatt. -In: Abstracts des 2. UFS-Workshop. Oberpfaffenhofen (Germany). [Conference Abstract]

KORCH, O. & FRIEDMANN, A. (2011): Untersuchungen zu Flora und Vegetation des Zugspitzplatts. -In: Abstracts des 20. Jahrestreffens des AK Hochgebirge. Erlangen. [Conference Abstract]

FRIEDMANN, A. & KORCH, O. (2010): Die Vegetation des Zugspitzplatts (Wettersteingebirge, Bayerische Alpen): Aktueller Zustand und Dynamik. Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 22, 114-128.

FRIEDMANN, A. & KORCH, O. (2010): HÖHENZUG: "Ecological analysis of the subalpine to subnival vegetation belts on the Zugspitzplatt (Wetterstein Mountains, Bavaria)". In: UFS – Scientific Results 2009/2010, 21-22.

KORCH, O. (2008): Geomorphologische Untersuchungen im oberen Gaisalptal (Oberallgäu). Unveröffentlichte Diplomarbeit am Lehrstuhl für physische Geographie und Quantitative Methoden, Universität Augsburg.

Vegetationskarte des Zugspitzplatts 1: 5.000

